

## Szakmai értékelés

**Szabó Róbert** „Pulzáló változócsillagok és exobolygók kutatásai a precíziós űrfotometria korában”

című MTA doktori értekezéséről

### 1. *A dolgozat témájának időszerűsége*

A Kozmoszban levő asztrofizikai objektumok időbeli változásának nagypontosságú vizsgálatában a Kepler műhold felbocsátása új fejezetet nyitott. A megfigyelések során rögzített nagyszámú objektum időbeli változását magában foglaló adatbázisban rejlő információ kinyerésének hatékonysága a program sikerének kulcskérdése. Ennek megfelelően a szükséges informatikai környezet szakszerű létrehozásától a program sikere jelentősen függ. Csak örülhetünk annak, hogy ennek a környezetnek a kiépítésében magyar szakemberek, köztük Szabó Róbert is részt vettek. Ki kell emelni, hogy Szabó Róbert a Kepler műhold adatainak felhasználásával új tudományos eredményeket is elért. A dolgozat témája tehát rendkívül időszerű, és a korszerű asztrofizikai kutatások élvonalába tartozik.

### 2. *A disszertáció szerkezete*

Az értekezés hat fő fejezetet tartalmaz, amelyeket bőséges hivatkozás jegyzék, valamint a tudományos eredményeket összefoglaló tézisek zárnak be.

Az első fejezet az értekezés bevetője. Ennek keretében áttekinti az űreszközök által megvalósított mikromagnitúdós forradalmat. Röviden bemutatja azokat a pulzáló változókat, amelyekkel az értekezés során részletesen foglalkozik majd.

A második fejezet témája az űrfotometriai rendszerek bemutatása. Az űrfotometria speciális problémáinak bemutatása után részletesen foglalkozik ezek kezelésével.

A harmadik fejezet a cefeida típusú csillagok vizsgálatában kapott új eredményeket tárgyalja. Részletesen foglalkozik a cefeidák fáziskésésének elméleti problémáival, illetve az elmélet alapján megkísérli értelmezni a modern mérési eredmények alapján. A fejezet másik fő témája a kétmódusú cefeidák elméleti modelljének egybevetése a korszerű megfigyelési eredményekkel.

A negyedik fejezet az RR Lyrae csillagokkal foglalkozik. A problémakörből két témát tárgyal részletesebben: a periódus kettőződés, illetve az extra frekvenciák jelenségét.

Az ötödik fejezet a forró jupitereknek a Kepler űrtávcsővel történt vizsgálatával foglalkozik. Áttekinti az alkalmazott módszereket, illetve az adatanalízis problémáit. Foglalkozik a nem dinamikai eredetű periodikus TTV-jelekkel, majd bemutatja a legjobb jelölteket.

A hatodik fejezet áttekinti a szakterület jövőben várható fejlődését.

Az értekezést bőséges szakmai hivatkozás jegyzék egészíti ki, és az eredményeket összefoglaló tézisek felsorolása zárja.

### 3. *Az alkalmazott módszerek korszerűsége*

A dolgozatban kitűzött cél elérése a nagyméretű asztrofizikai adatbázisokban összegyűlt tudományos információ gyors, hatékony kinyerését igényelte, és ez nem volt lehetséges korszerű információ-technológiai módszerek nélkül. Az értekezésben közölt, sikeresen megoldott feladatok bizonyítják, hogy a szerző biztonsággal és hatékonyan alkalmazza ezeket a módszereket, illetve kifejlesztésükben is részt vett.

Külön ki kell emelni, hogy az időbeli változások vizsgálata a korábban földi eszközökkel nyert ismeretek és az újonnan kapott mérési eredmények hatékony összeillesztését igényli, és ezt a feladatot a szerző sikeresen oldotta meg.

Fontos továbbá, hogy az új mérések szolgáltatotta információ értelmezése a korszerű elméleti háttér hatékony felhasználásával történjék. Minthogy a szerző a felhasznált elméleti modellek létrehozásában is nemzetközileg elismert szakember, ezt a feladatot munkája során sikerrel megoldotta.

### 4. *A értekezésben közzétett új tudományos eredmények*

A szerző az értekezés alapjául szolgáló tudományos eredményeket 6 tézispontban foglalta össze:

#### **1. Cefeidák fáziskésése – a módusmeghatározás új módszere**

Radiális módusban pulzáló, klasszikus cefeida csillagok fáziskésését lineáris és nemlineáris modellekkel számolva megmutatta, hogyan használható e mennyiség a módus azonosítására.

A Magellán-felhőkre jellemző fémtartalommal számolt modellsorozatokkal megmutatta, hogy a fémtartalomnak viszonylag kis hatása van a fáziskésésre.

A módszert felhasználta űrfotometriai megfigyelések értelmezésében.

A tézisben foglaltakat új tudományos eredménynek ismerem el.

#### **2. Kétmódusú cefeidák, a csillagok és galaxisok fémtartalom-meghatározásának új eszközei**

Megállapította, hogy a modellek helye a Petersen-diagramon szoros megkötést ad a fémtartalomra.

Kimutatta, hogy a legnagyobb bizonytalanság a nehezebb elemek relatív gyakoriságának bizonytalan ismeretéből adódik.

A munka a Nagy Magellán Felhőben 31, illetve a Kis Magellán Felhőben 111 százalékkal növelte a két galaxisban található ismert kétmódusú klasszikus cefeidák számát.

A tézisben foglaltakat új tudományos eredménynek ismerem el.

#### **3. Klasszikus változócsillagok és más objektumok vizsgálata űrfotometriai módszerekkel**

Elsőként vizsgált klasszikus cefeidát a Kepler- űrtávcsővel.

MOST kanadai fotometriai műholdat használva, egy nemzetközi kutatócsoporttal megfigyelte az RT Aurigae alaplómódusú, illetve az SZ Tauri felhangban pulzáló cefeidát.

Módszert dolgozott ki a névadó RR Lyrae csillag Kepler-megfigyeléseinek rekonstruálására azokban az esetekben, ahol a nagy amplitúdó és a túlzottan kicsi, automatikusan hozzárendelt apertúra miatt fluxusvesztés lépett fel.

Megmutatta, hogy a kisbolygó-megközelítések nagyon gyakoriak lesznek az ekliptikai K2 misszió során:

A tézisben foglaltakat új tudományos eredménynek ismerem el.

#### **4. Perióduskettőződés felfedezése RRLyrae csillagokban**

Új dinamikai jelenséget: perióduskettőződést fedezett fel a Kepler RRab csillagaiban, köztük a névadó RR Lyraeben is.

A perióduskettőződést sikerült függetlenül megerősítenie a CoRoT négy, modulációt mutató, alaplómódusban pulzáló RR Lyrae csillagában.

Megmutatta, hogy a perióduskettőződés szorosan összefügg a Blazskó-effektussal.

Rámutatott a perióduskettőződés időbeli változására.

A tézisben foglaltakat új tudományos eredménynek ismerem el.

#### **5. Extra periodicitások RR Lyrae csillagokban**

Megállapította, hogy az RR Lyrae csillagok gyakran mutatnak egyéb (extra) periodicitásokat is.

Kimutatta, hogy az extra frekvenciák hiányoznak a modulálatlan RRab csillagok frekvenciaspektrumából a Kepler és a CoRoT pontossága engedte detektálási határig.

Vizsgálatai szerint extra periodicitások egy része az első vagy második radiális felhanggal magyarázható, a többiért valószínűleg nemradiális pulzáció a felelős.

Az találta, hogy a CoRoT és a Kepler által megfigyelt RR Lyrae csillagok extra frekvenciáinak amplitúdója időben mindig változik, 20 – 120 napos időskálán.

A tézisben foglaltakat új tudományos eredménynek ismerem el.

#### **6. Forró jupiterek vizsgálata a Kepler- űrtávcsővel**

Elsőként mutatott rá a virtuális (stroboszkopikus) frekvenciák létrejöttének lehetőségére a TTV-jelekben.

Harminchat rendszerben detektált szignifikáns, periodikus TTV-jelet, amelyeknek a fele többszörös periodicitást mutat.

Megállapította, hogy a Kepler forrójupiter-mintájának 2%-a mutat periodikus TTV-t, amit nem lehet sem a csillag forgásának, sem aktivitásának, vagy más instrumentális hatásnak tulajdonítani.

A tézisben foglaltakat önálló tudományos eredménynek ismerem el.

## 5. Az eredmények alapjául szolgáló tudományos közlemények értékelése

**Minőség:** a tézisek alapjául szolgáló **17** cikk két konferencia kiadványtól eltekintve magas impaktu nemzetközi folyóiratban jelent meg.

**Tudományos aktualitás:** a pulzáló változók kutatása a földinél több nagyságrenddel nagyobb fotometriai pontosság révén a tudományos érdeklődés homlokterébe került. A Kepler űrmisszió az exobolygók kutatásában is új korszakot nyitott.

**Tudományos hatás (idézettség):** az értekezés alapjául szolgáló **17** publikációra a SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS) nyilvántartása szerint összesen **782** idézet gyűlt össze. Az alapul szolgáló cikkek közül **8** első szerzős, amelyekre a fenti rendszer **232** idézetet tart nyilván. Ennek alapján megállapítható, hogy az értekezés alapjául szolgáló tudományos közlemények jelentős nemzetközi visszhangot váltottak ki.

## 6. Az értekezéssel kapcsolatos megjegyzések, kérdések

**Tartalmi megjegyzések:** az értekezés szerkezete világos, logikusan felépített, jól követhető. A szerző a pulzáló változó csillagok elméletében nemzetközileg is elismert szakértő, a megfigyelések értelmezésében használt elméleti modellek kidolgozásában több esetben személyesen is részt vett. Ezzel kapcsolatos egy kritikai észrevételem is. Az értekezés lényegét tekintve az új megfigyelési eredmények elméleti értelmezésén alapul. A szerző a megfigyelt jelenségek értelmezésében alkalmazott elméleti modellekből nyerhető numerikus becsléseket biztos kézzel veti egybe a megfigyelésekkel, de anélkül, hogy megukban az elméleti modellekben felhasznált fizikai háttérrel bemutatná.

Az elméleti háttér alapjául szolgáló fizikai folyamatok bemutatása az amúgy is jelentős terjedelmet kétségkívül növelte volna. Megfontolható lett volna azonban, hogy szükséges volt-e az exobolygókkal foglalkozó fejezet szerepeltetése, minthogy azt csak a Kepler űrtávcső használat, illetve az ennek kapcsán használt kiértékelő módszerek alkalmazása kötötte egybe a pulzáló változócsillagok vizsgálatával. Az 5. fejezet elhagyása után is bőségesen elegendő eredmény maradt volna az MTA doktora cím elnyeréséhez szükséges értekezés megfogalmazásához.

A 6. fejezetben a szerző bemutatja a szakterület várható műszertechnikai, illetve elméleti fejlődését. Öröndetes, hogy az új mérés technikai környezet kialakításában magyar kutatók is aktívan részt vesznek. A pulzáló változók megfigyelhető tulajdonságait értelmező elméleti modellek kidolgozásában magyar kutatók is nemzetközileg jelentős eredményeket értek el. A kitekintésben azonban nem találtam utalást arra, hogy az új eredmények értelmezéséhez szükséges 3D modellek kifejlesztésében a magyar kutatók is részt vennének. Sajnálatos lenne, ha az elméleti modellek kifejlesztésében korábban nemzetközileg is jelentős magyar részvétel a 3D modellek kifejlesztéséből kizorulna.

**Formai megjegyzések:** Az értekezés tetszetős formátumú gondos munka. A szakmai fogalmaknak azonban nem minden esetben a magyar megfelelőjét használja (pl. szttenderd, szabványos helyett, tranzit, áthaladás helyett, stb.)

Gyakori hiba továbbá az, hogy kvalitatív jelzőket használ olyan esetekben, amikor a mennyiségeket számszerűen kellene jellemezni (pl. „meggyőző egyezés” ahelyett, hogy az illeszkedés jószágát a statisztika szabályai szerint számszerűen jellemezné).

Konkrét részletekkel kapcsolatban összesen 362 észrevételt tettem. Ezek zömmel az általam pontatlannak tartott megfogalmazással kapcsolatosak. Egy kisebb részük

megítélésem szerint elvi probléma. Az általam talált észrevételek teljes jegyzékét a bírálatomhoz csatoltam. A pirossal jelzett sorszámok az általam talált elvi problémákat jelölik. A teljes listát kizárólag tájékoztatásnak szánom. Természetesen nem várom el, hogy a szerző válaszában mindegyikre érdemben kitérjen.

Kiemelve néhány:

Elvi probléma:

- **A 30. old. 6. sor szerint:** „Vajon miért jó az űrből fotometriai megfigyeléseket végezni? A szokásos válasz a légkör zavaró hatásaitól mentes megfigyelés lehetősége.” A megfigyelt kozmikus objektumról a földi légkör határára érkező fotonáram részecskéinek Poisson zaja még ideális detektor esetén is határt szab az észlelési pontosságnak. Mikromagnitúdós pontossághoz  $10^{12}$  részecske detektálása kell úgy, hogy a detektálást végző rendszer ideális, tehát saját zaja nincsen. Az űrben a fotonáram közvetlenül éri a detektort, a Föld felszínén ezt a légkör, illetve az éjszakák hossza modulálják. Kérdés, léteznek-e olyan technikák, amelyek kezelni tudják a légkör moduláló hatását, illetve a napszakos hatást milyen pontosan lehet figyelembe venni. További probléma, hogy nem csak a fotonok száma, hanem az energiája is fontos információ. Erre a Kepler semmit nem mond. Így a méréseket nem lehet közvetlenül a fizikai modellekhez illeszteni. Emiatt a nominális mikromagnitúdós pontosság minden olyan esetben, amikor szükség van spektrális információra is, illuzórikus. (43. megj.)
- **Az 50. old. 11. sor szerint:** „...szemben a  $8 \times 10^{-6}$ -os (long cadence) megfigyelési pontonkénti pontossággal ott, ahol a korrekció alkalmazására nem volt szükség.” Amennyiben az ideális esetet nézzük, az említett pontossághoz  $1.5625 \times 10^{10}$  foton regisztrálására van szükség. A CCD képelemeinek töltés tároló képessége miatt  $3 \times 10^5$  beütés után egy képelem telítésbe megy. Objektumonként  $10 \times 10$ -es képelem mátrixot feltételezve (ld. pl 2.5 ábra) egy kiolvasással  $3 \times 10^7$  beütést kapunk. A szövegben említett pontosság eléréséhez 30 perc alatt kereken 520, azaz 3.5 másodpercenként egy kiolvasást végre kell hajtunk. Reális ez? Egyébként nem a teljes képpont mátrix megy telítésbe, így a fent becsült  $3 \times 10^7$  beütésnél akár egy nagyságrenddel is kevesebbet kaphatunk. (108. megj.)
- **Az 57. old. 4. sor szerint:** „...a maximális fényesség állapota a maximális kompresszióval, vagyis a minimális sugár állapotával esik egybe, holott a megfigyelések szerint mindez a maximális sebesség közelében történik<sup>1</sup>.” Ez a közeli infravörös tartományban (pl H és K szín) nem igaz. A fényesség a sugár négyzete és a hőmérséklet meghatározta fluxus szorzata. A sugár csökkenésével ugyan a hőmérséklet nő, így a fluxus is, de ennek mértékétől függ, hogy a felület – fluxus szorzat mikor maximális. (121. megj.)
- **A 65. old. 7. sor szerint:** „A modellek és a megfigyelésből származó fáziskésés értékek egyezése meggyőző.” Ezzel nem értek egyet. A 3.4 b) ábrán a mért pontok az  $M < 6$  naptömeg tartományban mind az elmélet maximum alatt vannak, pedig a maximum közelében kellene lenni a legtöbb pontnak, mivel az az instabilitási sáv közepe. (141. megj.)
- **70. old. 13. sor:** „Az ábra a megfigyelések és a modellek közötti jó egyezéstről tanúskodik.” Az állítást semmilyen statisztikai elemzés nem támasztja alá. Az O1 objektumok például mind az elméleti görbék burkolója alatt találhatók. (155. megj.)
- **A 85. old. 3.15 ábrán** a tipikusnak mondott  $Z=0,020$  galaktikus fémességnek (79 old. 32.sor) az ábrán egyetlenegy cefeida sem felel meg. (181 megj.)

- **A 116. old. 27. sor szerint:** „De a legfontosabb tényező, hogy az RR Lyrae csillagok jellemzően fél napos periódusa szinte lehetetlenné teszi a földi megfigyelők számára, hogy két, egymást követő maximumot végigkövessenek.” Ez az állítás különböző földrajzi hosszúságnál levő együttműködő megfigyelők esetén nem igaz. (248. megj.)
- **A 131. old. 8. sor szerint:** „Egyértelmű hullámszerű változást látunk az amplitúdóban (alsó rész).” Ez nem igaz. A 4.23. ábrán a 241 számú csillagnál az amplitúdó utolsó három értéke a hibahatáron belül nem változik. (278. megj.)
- **A 143. old. 7. sor szerint:** „az M3 gömbhalmaznál detektált 38%-os arány alátámasztja az űrfotometriai adatok valamivel kisebb mintán kapott, de közel 100%-os előfordulását a 0,61 periódusarány tekintetében.” Ezt nem értem. A 38% hogyan jön össze az űrfotometriánál kapott 100% -al? Ezt meg kellene mutatni.
- **A 153. old. 2. sor szerint:** „Nyilvánvaló eltérés van a két minta fedéseken kívül mutatott változásaiban, mégpedig a TTV-jeleket mutató objektumokban erőteljesebb a csillagaktivitásból származó hozzájárulás.” Hiányolom a konkrét statisztikai elemzést. Mekkora az egyes pontok hibája? (336. megj.)
- **A 159. old. 17. sor szerint:** „Bár a jó jelöltjeink száma csekély, sejthetjük, hogy két napos keringési idő felett a pontok jól követik a modellt, míg rövidebb periódusok esetén jóval nagyobb jelet mutatnak.” Merész állítás. Mindössze két ponton alapul. (345. megj.)

#### Fogalmazásbeli pontatlanság:

- **A 9. old. 11. sor szerint:** „Ezek az eredmények a fénygörbék korlátozott pontossága miatt inkább csak jelzés-értékűek voltak.” A mérési pontosság mindig valamilyen korlát. Hogyan lehet ennek korlátja? (7. megj.)
- **A 18. old. 1. sor szerint:** „...pontos adatok korábban nem alkalmazható módszerek elterjedéséhez, vagy felélesztéséhez is vezettek.” Minden adat valamilyen hibával terhelt. „Pontos ” adatok nincsenek. A mondat helyesen: „A Kepler adatainak pontossága lehetővé tette a korábban ...” (21. megj.)
- **A 26. old. 18. sor szerint:** „Ez korábban a korlátozott fotometriai pontosság miatt ...” Nincs korlátlan fotometriai pontosság. (39. megj.)
- **A 39. old. 2.6. ábra szerint:** „Látszik, hogy a fluxusvesztést elkerülve az amplitúdót kielégítő mértékben tudtam rekonstruálni.” Mikor „kielégítő” mértékű a rekonstrukció? (61. megj.)
- **Az 58. old. 9. sor szerint:** „...a maximum időpontja, vagy a fénygörbe más, jól meghatározott pontja helyett célszerű a fényváltozás Fourier-felbontását venni.” Ezt nem értem. A fénygörbe és annak Fourier transzformáltja között egy- egyértelmű megfeleltetés létezik. Miért előnyösebb a transzformált? Egyáltalán, hogyan kell érteni, hogy „célszerű”. Feltehetőleg valamilyen célt is meg kell jelölni. (123. megj.)
- **Az 58. old. 23. sor szerint:** „Továbbá csak korlátozott számú modellt tudtak futtatni, ... ” Akárhány futás korlátozott számú. Korlátlan számú futás nem létezik. (126. megj.)
- **A 70. old. 18. sor szerint:** „Következményeként az  $A_1$  amplitúdók határozott lokális minimumot mutatnak, amit a modelljeink tisztán visszaadnak – a megfigyelésekkel teljes összhangban.” Hiányolom az állítás statisztikai alátámasztását. (156. megj.)

- **A 126. old. 15. sor szerint:** „Mágneses aktivitás vagy kettősség szintén szóba jön, de kevés erre utaló jel vagy mérés született a mai napig, ráadásul egyes csillagoknál ezek egyértelműen kizárhatók.” Hogyan lehet valamit „egyértelműen” kizárni? (264. megj.)
- **A 160. old. 1. sor szerint:** „Szerencsére a Kepler fotometriai pontossága miatt a csillagok fénygörbéje rendszerint felhasználható a forgási periódus egyértelmű megállapítására.” Minden mérés, és a belőle leszármaztatott mennyiség hibával terhelt. Így semmit nem lehet „egyértelműen” megállapítani. (349. megj.)
- **A 167. old. 6. sor szerint:** „... ebből kb. 35 ezernek pontosan ismerjük a távolságát a Hipparcos műholdnak köszönhetően.” A Hipparcos hold is véges pontossággal mért. (360. megj.)

#### Kérdéseim:

1. **A 93. old. 1. sor szerint:** „... egyik lehetőség, hogy általános fémtartalom helyett az egyedi elemek eloszlását, feldúsulását vizsgáljuk nagyfelbontású spektroszkópiával (A 16. old. 19. sor szerint: „Az asztroszeizmológiai célpontok kiválasztása, jelölése a KASC és a munkacsoportok vezetőinek feladata volt.” A  $\delta$  Scuti csillagok vizsgálatában az MTA CSFK KTM CSI nemzetközileg is jelentős eredményeket ért el. Ilyen csillagok miért nem kerültek be a programba?
2. **A 31. old. 13. sor szerint:** „Az egyedi adatpontok pontossága mintegy három nagyságrenddel jobb a Kepler esetén ( $\mu\text{mag}$ ), mint a földi megfigyeléseknél ( $\text{mmag}$ ).” Ez csak a belső pontosságra igaz. A fénygörbe alakja azonban szín függő, ezért a Fourier spektrum is.. Kérdés, hogy a Kepler rendszeréből hogyan lehet a fénygörbét más színrendszerben végrehajtott mérésekkel összehasonlítani? A transzformáció mekkora szisztematikus hibát eredményez?
3. **A 79. old. 32. sor szerint:** „... a kémiai összetételt galaktikusnak ( $Z=0,020$ ) választottam. ...” A valóságban a  $Z$  tartomány ettől szélesebb. Mi történik, ha ezt figyelembe vesszük?
4. **A Pompéia és mtsai, (2008),** a másik lehetőség, hogy kihasználjuk a beat cefeidák nyújtotta független fémtartalom-meghatározási lehetőséget. Itt ez utóbbi utat mutatom be eredményeink alapján.” A modellből becsült  $Z$  érték mennyire reális, össze hasonlítva a spektroszkópiai mérésekkel?
5. **A 111. old. 4.8 ábra szerint:** A baloldali frekvencia spektrumban a pontozott és a folytonos vonalak között is vannak csúcsok. Ezeknek a fehérítésnél nem kellett volna eltűnniük? Egyáltalán mi a fizikai jelentésük?
6. **A 120. old. 30. sor szerint:** „... Stothers (2006) szerint a modulációs ciklus alatt a csillag turbulens/konvektív szerkezete változik. Minthogy a modelljeink alapvetően érzékenyek a turbulens jellemzőkre, ...” A turbulencia beépítése a modellbe egy alapvetően sztochasztikusan viselkedő komponenst hoz be, aminek a hatásával számolni kellene. Ennek hatása lehet a pulzációra, illetve a fénygörbére. Erre miért nincs utalás?
7. **A 137. old. 4.28. ábrán** hogyan történt a korreláció kiszámítása és az mennyire szignifikáns?
8. **149. old. 19. sor szerint:** „Először is kiválogattam az egyetlen bolygót tartalmazó rendszereket a Kepler bolygójelölt katalógusából” Honnan lehetett tudni, hogy a rendszer csak egy bolygót tartalmaz?

## 7. Általános értékelés

A jelenleg sok területen alkalmazott SWOT (Strengths, Weakness, Opportunities, Threats) elemzés szerint a fent részletesen előadottakat az alábbiakban foglalhatjuk össze:

Erősségek (Strengths): Jelentős szerepvállalás az új mérés technikai környezet kialakításában és alkalmazásában.

Hiányosságok (Weakness): Az elméleti háttér bemutatásának hiánya. Nem mindig korrekt statisztikai eljárások alkalmazása.

Lehetőségek (Opportunities): Az új technológiával kapcsolatos tapasztalatok lehetővé teszik magyar kutatóknak a fejlesztés alatt álló új projektekben történő aktív közreműködését.

Veszélyek (Threats): Megfelelő fejlesztési stratégia hiányában a magyar kutatók kiszorulnak a 3D pulzációs modellek fejlesztéséből.

Összességében elmondható, hogy az értekezés tartalmilag lényegesen többet nyújt annál, mint amit az MTA Doktora cím elnyeréséért formálisan elvárnánk. Az értekezés minden értékelési pontban a nemzetközi élvonalba tartozik. Így a pozitívumok messze meghaladják a kifogásolható pontokat. Ennek megfelelően sikeres védelem esetén javasolom Szabó Róbert részére az MTA Doktora cím odaítélését.

Budapest, 2017. április 4-én

Dr. Balázs Lajos  
az MTA Doktora

## Megjegyzések

(a fekete sorszámok pontatlan fogalmazást, a **pirosak** elvi problémát jelölnek)

1. **7. old. 2. sor:** „A Földről végezhető, periodikus radiális sebesség-változásra épülő exobolygó-keresési módszer mellett a fotometriai, azaz a tranzitok kimutatásán alapuló módszer is egyre nagyobb szerephez jut,” Az asztrometriai módszer a Gaia mesterséges hold mérései alapján jelentős lehet. Van de Kamp 1963-ban jelentette be a Barnard csillag asztrometriailag talált bolygószerű kísérőjét. Később azonban ezt nem igazolták.
2. **7. old. 11. sor:** „Így volt ez az űrfotometriával is, ami nemcsak a fotometriai pontosság terén javított két-három nagyságrendet a korábbi technikához képest, de az adatok folyamatosságában is új dimenziót nyitott az időben változó jelenségek megfigyelésében.” A fotometriai pontosságnak határt szab a Poisson zaj. A pontosság alapvetően a foton beütésszámtól függ. Így az adatok hosszúsága és a pontosság nem független dimenzió.
3. **8. old. 19. sor:** „Az üvegfelületre felvitt fotografikus emulziókkal már nagy területeket lehetett leképezni, igaz, korlátozott (legfeljebb 0,01 magnitúdó) pontossággal és sokszor hosszú expozíciók árán.” A „nagy”, illetve „hosszú” valójában mekkora területet, illetve időtartamot jelent. A fotografikus technikánál a szisztematikus hibák a statisztikai pontosságot akár egy nagyságrenddel is meghaladhatták.



4. **8. old. 36. sor:** „...a nagy dinamikus tartományban végezhető megfigyelések és az azonnali, digitális formában megjelenő adatok, a reprodukálhatóság és könnyű archiválás lehetősége kétségtelenül előnyt jelentettek.” A reprodukálhatóság minden fotometriai mérés elengedhetetlen követelménye volt. A digitális technika és nagy dinamikai tartomány már a fotomultiplierrel végzett megfigyeléseknél is jellemző volt. ( A mátrai állomáson a 70-es évek elejétől fogva).
5. **9. old. 1. sor:** „A következő minőségi ugrás a távcsövek és CCD-detektorok ürbe helyezése, a földi atmoszféra zavaró hatásaitól való mentesítése volt.” Adaptív optikával a légkör zavaró hatása földi bázisú távcsöveknél is csökkenthető.
6. **9. old. 3. sor:** „Ha egy-egy objektumról alkalmilag, néhány különböző időpontban felvett észlelést nem tekintünk időornak, ...” Mikor lehet egy mérési sorozatot időornak tekinteni?
7. **9. old. 11. sor:** „Ezek az eredmények a fénygörbék korlátozott pontossága miatt inkább csak jelzés-értékűek voltak.” A mérési pontosság mindig valamilyen korlát. Hogyan lehet ennek korlátja?
8. **9. old. 36. sor:** „... ami jelenleg nagyon kis fényváltozást mutató cefeida változócsillag ...” Mikor „nagyon kicsi” egy fényváltozás. Mihez képest?
9. **12. old. 16. sor:** „Szintén először tudtak nagy tömegű csillagokat szeizmológiai vizsgálatnak alávetni.” A „nagy” itt hány naptömeget jelent?
10. **13. old. 2. sor:** „Érdeemes röviden felidéznünk, hogy mi vezetett korunk legpontosabb, optikai tartományban működő űreszközének kifejlesztéséhez.” Ezt hogyan kell érteni? Mondjuk pl. a HST-vel összehasonlítva.
11. **13. old. 10. sor:** „Otto Struve már 1952-ben leírta az exobolygókeresés mindkét alapvető technikáját: a csillag radiálissebesség-változásán és az átvonuláson alapuló módszer lényegét is ...” Az asztrometriai módszert miért nem tekintjük alapvetőnek? (ld. a7. old. 2. sornál tett megjegyzést)
12. **14. old. 11. sor:** „1998-ban egy látómezőben 6000 csillagról kaptak megfelelő minőségű fotometriai adatot.” A „megfelelő minőség” milyen fotometriai pontosságot jelent?
13. **14. old. 15. sor:** „Ennek sikere és a 2000-ben felfedezett első fedési exobolygó végül meghozta a várva várt áttörést: ...” Ezt nem értem. Egy földi bázisú megfigyelés sikere miért érv egy űrkísérlet mellett?
14. **16. old. 19. sor:** „Az asztroszeizmológiai célpontok kiválasztása, jelölése a KASC és a munkacsoportok vezetőinek feladata volt.” A  $\delta$  Scuti csillagok vizsgálatában az MTA CSFK KTM CSI nemzetközileg is jelentős eredményeket ért el. Ilyen csillagok miért nem kerültek be a programba?

15. **17. old. 1.3 ábra:** „A zöld vonal a mérési bizonytalanság alsó határát jelöli, amelyet a fénygörbe előállítására alkalmazott eljáráson keresztül számolva kaptak.” Hogyan lehetnek ez alatt pontok a 13-16 magnitúdós tartományban?
16. **17. old. utolsó sor:** „... extrém pontos és éveken keresztüli stabil fényességmérésre volt szükség.” Ez számszerűen mit jelent?
17. **18. old. 4. sor:** „... az első tranzitidőpont-változás<sup>11</sup> detektálása a bolygók közötti gravitációs kölcsönhatás bizonyítékeként, ...” A tömegvonzás minden test között létezik. Miért kellett ezt külön bizonyítani?
18. **18. old. 22. sor:** „...a bolygókeletkezés természetes velejárója a csillagkeletkezésnek, és a bolygó nélküli csillagok lehetnek a kivételek.” Mennyire igaz ez a Napnál néhányszor nagyobb tömegű csillagokra?
19. **18. old. 27. sor:** „A megerősített planéták között 368 többszörös rendszer van, ahol a fedést okozó objektumok bolygó mivoltáról meggyőződni jóval könnyebb, hiszen annak a valószínűsége, hogy nem bolygórendszerről van, hanem például két, egy irányba látszó fedési kettőscsillagról, vagy hasonló elrendezésről, drasztikusan lecsökken.” A nagy pixel méret miatt ezt hogyan lehet ilyen bizonyosan kizárni. A „drasztikus” kicsinység számszerűen mekkora valószínűséget jelent?
20. **18. old. 33. sor:** „... kimutatható a fedésidőpontok bekövetkezésének pontos periodicitástól való eltéréséből, ...” Nincs abszolút pontos mérés, így periodicitás sem.
21. **18. old. 1. sor:** „...pontos adatok korábban nem alkalmazható módszerek elterjedéséhez, vagy felélesztéséhez is vezettek.” Minden adat valamilyen hibával terhelt. „Pontos ” adatok nincsenek. A mondat helyesen: „A Kepler adatainak pontossága lehetővé tette a korábban ...”
22. **20. old. 23. sor:** „... rendkívül bizonytalanul mérhető tömegvesztés mértékét is pontosítani tudtuk a szeizmológia segítségével ...” Ez számszerűen mit jelent. Korábban milyen pontossággal sikerült meghatározni, és ez mennyit javult az új mérések alapján?
23. **20. old. 25. sor:** „A hosszú és folyamatos idősorok ...” Mikor „hosszú” egy idősor? Esetünkben ez mennyi volt?
24. **20. old. 32. sor:** „A precíz fotometria nagyon pontos iránytartást igényel. Ehhez a Kepler négy lendkerékkel volt felszerelve, amiből egyidejűleg háromra volt szükség a célirány mozdulatlanul tartásához.” Ilyen nincs. Minden fotometriának számszerűen megadható pontossága van. Ugyanez vonatkozik a célra tartásra is. Semmit nem lehet „mozdulatlanul” tartani.
25. **21. old. 25. sor:** „...nagy távolságban keringő bolygókísérők ...” Mikor tekinthető egy távolság „nagy”-nak?
26. **22. old. 6. sor:** „... nagy tömegű csillagok ...” Ez hány naptömeget jelent?
27. **22. old. 8. sor:** „... amiket kevésbé értünk és nehezen modellezhetőek.” Ez pontosan mit jelent? Mikor értünk valamit „kevésbé”, és mikor „nehéz” egy modellezés?

28. **22. old. 11. sor:** „... amit más módszerekkel általában rendkívül nagy hibával tudunk csak becsülni.” Mikor „rendkívül nagy” egy hiba?
29. **22. old. 15. sor:** „... jó közelítéssel állandó abszolút fényessége ...” Mikor állandó valami „jó közelítéssel”?
30. **22. old. 20. sor:** „...kielégítően értsünk és kontrolláljunk.” Mikor értünk valamit „kielégítően”?
31. **23. old. 16. sor:** „... rutinszerűen észlelte a csillagok jellemzően kis amplitúdójú Nap-típusú rezgéseit” Mikor mondunk valamit „kis” amplitúdónak?
32. **24. old 3. sor:** „... a kedvező geometriai elrendeződés hiányában nem mutatnának rezgéseket.” Mikor „kedvező egy geometriai elrendeződés”?
33. **24. old. 14. sor:** „A cefeidák elsősorban a galaxisok korongját és spirálkarjait népesítik be, így a galaktikus szerkezet vizsgálatára is alkalmasak.” Itt specifikálni kellene, hogy a Galaxis melyik részének a szerkezetét lehet velük vizsgálni. A mondat eleje erre tulajdonképpen választ ad.
34. **24. old. 21. sor:** „... ma még kevésbé értett kapcsolat megfejtésében is szerepet kapnak” Mikor mondunk valamit „kevéssé értettnek”?
35. **24. old. 28. sor:** „... eredetük nem teljesen tisztázott, ...” a tisztázottság fokát hogyan lehet megadni?
36. **24. old 37. sor:** „Alapvetően radiálisan pulzálnak: ...” az „alapvetően” számszerűen mit jelent?
37. **25. old. 14. sor:** „...kitűnően jelzik a galaktikus szerkezetet. ” Minthogy a legöregebb csillagpopulációhoz tartoznak, az I.-es populációs objektumokra ez nem igaz.
38. **26. old. 9. sor:** „... mindkét jelenség egyidejű fennállását mutatták minden esetben ...” Szerintem minden vizsgált esetben.
39. **26. old. 18. sor:** „Ez korábban a korlátozott fotometriai pontosság miatt ...” Nincs korlátlan fotometriai pontosság.
40. **26. old. 21. sor:** „Az űrből végzett fotometriai vizsgálatok egyértelműen igazolták ...” Ilyen nincs. Valamit csak meghatározott pontossággal lehet igazolni.
41. **27. old. 16. sor:** „Ebben az elképzelésben a moduláció periódusa a forgásával egyezik meg, ami nehezen egyeztethető össze a megfigyelések mutatta gyorsan változó ciklushosszal.” Ezt nem értem. Valami vagy egyezik, vagy nem.
42. **28. old. 21. sor:** „Az űrfotometria nyújtotta pontos és folyamatos adatsorok ...” a „pontos” szó mekkora hibát jelent? Mekkora pontosság kell a szóban forgó jelenség tanulmányozásához?

43. **30. old. 6. sor:** „Vajon miért jó az űrből fotometriai megfigyeléseket végezni? A szokásos válasz a légkör zavaró hatásaitól mentes megfigyelés lehetősége.” A megfigyelt kozmikus objektumról a földi légkör határára érkező fotonáram részecskéinek Poisson zaja még ideális detektor esetén is határt szab az észlelési pontosságnak. Mikromagnitúdós pontossághoz  $10^{12}$  részecske detektálása kell úgy, hogy a detektálást végző rendszer ideális, tehát saját zaja nincsen. Az űrben a fotonáram közvetlenül érkezik a detektorra, a Föld felszínén ezt a légkör, illetve az éjszakák hossza modulálják. Kérdés, léteznek-e olyan technikák, amelyek kezelni tudják a légkör moduláló hatását, illetve a napszakos hatást milyen pontosan lehet figyelembe venni. További probléma, hogy nem csak a fotonok száma, hanem az energiája is fontos információ. Erre a Kepler semmit nem mond. Így a méréseket nem lehet közvetlenül a fizikai modellekhez illeszteni. Emiatt a nominális mikromagnitúdós pontosság minden olyan esetben, amikor szükség van spektrális információra is, illuzórikus.
44. **30. old. 19. sor:** „... nem is szólva a különböző műszerekkel kapott adatok inhomogenitása miatt fellépő nehézségekről.” A földi megfigyeléseknél az észleléseket a homogenizáláshoz nemzetközi rendszerbe kell transzformálni. Ehhez hasonló színrendszer kell. A Keplernél erre nincs lehetőség.
45. **31. old. 1. sor:** „A harmadik faktor pedig a hosszú időn keresztül történő megfigyelés lehetősége, ...” Kérdés, hogy a földi megfigyeléseknél az ablakfüggvény hatása milyen pontossággal vehető figyelembe. Az észlelés hosszúsága itt sem elvi korlát.
46. **31. old. 13. sor:** „Az egyedi adatpontok pontossága mintegy három nagyságrenddel jobb a Kepler esetén ( $\mu\text{mag}_1$ ), mint a földi megfigyeléseknél ( $\text{mmag}_2$ ).” A  $\mu\text{mag}$  pontossághoz ideális detektor esetén  $10^{12}$  beütés kell. A fénygörbe alakja szín függő, ezért a Fourier spektrum is.. Kérdés, hogy a Kepler rendszeréből hogyan lehet egy más színrendszerben végrehajtott mérésekkel összehasonlítani. (ld. még a 30. old. 6. sorhoz fűzött megjegyzést.)
47. **31. old. 17. sor:** „Az űrből végzett fotometria előnyére írhatjuk továbbá, hogy egyszerre, homogén módon, sok csillagot képes megfigyelni (ez a Keplernél egyszerre 160 ezernél is több, a teljes nominális misszió alatt közel 200 ezer csillagot jelentett).” Ezt nem értem. A Keplerre szerelt detektor laboratóriumi példányát előzőleg a Földön kipróbálták, és a projektet csak akkor engedélyezték, ha a kívánt pontosságot tudta. Egy hasonló CCD mozaik a Földön is párhuzamosan sok ezer csillag észlelésére alkalmas.. A stabilitást is demonstrálni kellett.
48. **31. old. 24. sor:** „... azt érdemes észben tartani, hogy a legjobb földi (multifunkcionális) csillagászati megfigyelési eszközöket nem lehet kizárólag egy objektum (vagy rendszerek) megfigyelésére fordítani, szemben az űrfotometriának szentelt távcsövekkel.” Ugyanezt az eszközt a Földi körülmények között is lehet üzemeltetni. Egy kiragadott terület monitorizálása kizárólag döntés kérdése.
49. **32. old. 23. sor:** „A Kepler nagy pixeli és az alkalmazott enyhe defókuszálás azt szolgálják, hogy a csillagokról jövő, Poisson-eloszlással érkező fotonok jel/zaj viszonyát maximalizálják.” A defókuszálás összemoshatja a közeli objektumokat. Erre hogyan korrigálnak?

50. **33. old. 5. sor:** „...a pontos iránytartást biztosító lendkerekeinek forgása szaturálódott, ...” Pontos irányítás nem létezik. Bármilyen szabályzásnál van hiba, amelyen az belül marad.
51. **34. old. 16. sor:** „Hasonlóképpen, a Kepler látómezejébe nem eső, de ahhoz közeli fedési kettőscsillagok is okoztak hamis pozitív bolygójelölteket” Hogyan? Egyébként ez akkor is előfordulhat, ha a kettős mellett van egy, a rendszer által nem feloldott objektum is.
52. **35. old. 2. sor:** „A Kepler 30 perces effektív expozíciós idejéhez mérten ez szinte pillanatszerű fényesedést jelent.” A fenti fényességnövekedés két 30 perces expozíció között 25-50 %-os fényességnövekedést jelent. Ez miért „pillanatszerű”. Mekkora növekedés lenne a „nem pillanatszerű”?
53. **35. old. 12. sor:** „... azonos pulzációs és modulációs periódussal, szinkronban pulzáltak a fényes és szaturált szülőcsillaggal, de jóval kisebb amplitúdóval változtak.” Itt mit jelent a „jóval kisebb” ?
54. **35. old. 33. sor:** „A Kepler modulált RRab csillagainak végleges fénygörbемegoldásait Benkő és mtsai (2014) végezte el konzisztens módon. A „konzisztens mód” mekkora véletlen, illetve szisztematikus hibát jelent?
55. **36. old. 15. sor:** „...ami általában nagyon zajos, pontos fotometriára használhatatlan minőségű adatot eredményezett az idő mintegy 7%-ában ...” Ez számszerűen mit jelent. „Pontos” mennyiség, így fotometria sem létezik.
56. **36. old. utolsó sor:** „Ezt a fokozatos fluxuscsökkenést a pontos mérések értelmezéséhez figyelembe kellett venni.” „pontos ” mérés nem létezik. Minden mérési pontosság számszerűen jellemezhető.
57. **37. old. 33. sor:** „... a HST távolságmérési célzattal felvett extragalaktikus cefeida fénygörbéin kívül (melyek általában rövid időtartamot fednek le, és kevés pontot tartalmaznak, ...)” Mihez képes „rövid” egy időtartam, és mikor „kevés” a pontos száma?
58. **38. old. 8. sor:** „Azokat a csillagokat elvetettük, amelyekhez közeli fényes csillagok látszottak.” A „közelit” hogyan kell érteni?
59. **38. old. 13. sor:** „megvizsgáltuk, megfelelő effektív hőmérsékletű és felszíni nehézségi gyorsulás (log g) értékű jelöltek után kutatva ” Ez hogyan történt?
60. **38. old. 20. sor:** „...erősen kontaminált jelölteket itt sem tartottuk meg. ” Az „erősen kontaminált” mit jelent?
61. **39. old. 2.6. ábra:** „Látszik, hogy a fluxusvesztést elkerülve az amplitúdót kielégítő mértékben tudtam rekonstruálni.” Mikor „kielégítő” mértékű a rekonstrukció.”
62. **39. old. 3. sor:** „... földfelszíni változócsillag-katalógusokban rejlő nagyfokú bizonytalanságon kívül a precíz űrfotometria klasszifikálást elősegítő hatalmas helyzeti előnyét is jól demonstrálja.” Nem világos előttem ez a helyzeti előny. A

Kepleréhez hasonló kamerával a Föld felszínén miért nem lehet a fénygörbe alapján a cefeida gyanús objektumokat kiválogatni?

63. **39. old. 8. sor:** „... fényesebb objektumot pontosabban tudjuk fotometrálni, ...” Mennyivel pontosabban?
64. **39. old. 10. sor:** „... ha a megfelelő számú pixellel fedjük le az objektumot.” Hány pixel a „megfelelő szám”?
65. **39. old. 20. sor:** „Az ábra egyébként 14485 egyedi long cadence adatpontot tartalmaz, és a Q0–Q4 negyedeket fedi le. A rövid hézagok az adatsorban váratlan biztonsági üzemmódba kapcsolások, a pontos pozíciótartás elvesztése, valamint tervezett adatletöltési intervallumok miatt keletkeztek.” Mindezek a hibák mekkora pontatlanságot okoznak a Poisson zajból kapható hibához képest?
66. **40. old. 4. sor:** „Látszik, hogy a korrekciónak csak ott volt hatása, ahol a fluxus valóban hiányzott az említett okok miatt.” Ez honnan látszik. Egyáltalán, ez a korrekció mekkora hibát okoz?
67. **40. old. 11. sor:** „Az általam készített, újabb fénygörbében az ehhez a csillaghoz tartozó pixeleket kihagytam.” Mi történik, ha ez egy pixelen belül van?
68. **40. old. 16. sor:** „Ezek egymással konzisztens eredményre vezettek.” Ez valójában mit jelent?
69. **40. old. 18. sor:** „Érdemes megjegyezni, hogy ilyen pontossággal még soha nem sikerült cefeida fénygörbét megvizsgálni.” Az állítás csak a Kepler saját színrendszerében igaz. Mekkora hibát hozna be, ha áttanszformálnák a fénygörbét valamilyen szabványos nemzetközi rendszerbe?
70. **40. old. 37.sor:** „Érdemes megjegyezni, hogy ilyen pontossággal még soha nem sikerült cefeida fénygörbét megvizsgálni.” Ld. előző megjegyzésemet.
71. **42. old. 2. sor:** „A KASC cefeida munkacsoportja által gyűjtött új radiálissebesség-adatok konzisztensek a régebbi mérésekkel, ...” Ez számszerűen kifejezve mit jelent?
72. **42. old. 8. sor:** „... jelentős, ciklusról ciklusra bekövetkező periódusfluktuációt mutattunk ki ...” Mikor jelentős egy periódusfluktuáció?
73. **42. old. 11. sor:** „a Fourier-paraméterek változásai arra utalnak, hogy ez a változás kapcsolatban lehet a fénygörbealak megváltozásával is.” A Fourier paraméterek változása változást jelent magában fénygörbében is. Ez magától értetődik. Mi ebben a meglepő?
74. **42. old. 12. sor:** „Hosszú időskálán a fluktuáció ellenére a periódus állandónak tűnik.” Ez számszerűen mit jelent?
75. **42. old. 13. sor:** „Az eredmények egyben azt is jelentik, hogy a fény-idő effektusra alapozott kísérőkeresési módszerek sokkal kevésbé lesznek érzékenyek a periódusfluktuációt mutató cefeidáknál.” A „szóval kevésbé” számszerűen mennyi?

76. **42. old. 30. sor:** „Esetemben ez a hatás az SZ Tau esetében volt erősebb, de kis mértékben a másik célpontnál is jelentkezett (Evans és mtsai, 2015).” Az „erősebb” és „kis mértéket” számszerűen hogyan lehet jellemezni?
77. **42. old. 35. sor:** „... az RT Aur fénygörbéje szabályosan ismétlődik ...” Minden mérés hibával terhelt. Hogyan tud valami „szabályosan” ismétlődni?
78. **42. old. 36. sor:** „az SZ Tau pulzációja ciklusról ciklusra változik, még ha ez a változás kismértékű is (2.8 ábra).” A „kismértékű” számszerűen mennyi?
79. **43. old. 2.7. ábra:** „... az alaplódusú RT Aur esetében a ciklusok viszonylag szabályosan ismétlődnek” Hogyan lehet valami „viszonylag” szabályos?
80. **43. old. 3. sor:** „Az SZ Tau-nak jóval szeszélyesebb: alternálva felfelé és lefelé mozgó O–C értékei vannak, míg az RT Aur-nál kis fluktuációkat találunk csupán (Evans és mtsai, 2015).” Az O–C értékek változásai számszerűsíteni kellene.
81. **43. old. 7.sor:** „... ami csillagfejlődéssel kielégítően magyarázható ...” Mikor „kielégíthető” egy magyarázat?
82. **43. old. 8.sor:** „aminek oka a nem túl pontos, vagy nem elég hosszú adatsor is lehet” Mikor „nem túl pontos”, vagy „nem eléggé hosszú”?
83. **43. old. 13. sor:** „parabola alakú változást várunk az O – C diagramon, szemben az általunk azonosított, sokkal gyorsabb, randomnak tűnő változással.” A „szokkal gyorsabb” számszerűen mit jelent?
84. **43. old. 15. sor:** „A változásnak azonban szabályosnak kell lennie, ...” Mikor mondunk egy változást szabályosnak?
85. **44. old. 2. sor:** „A tömegvesztés szintén okozhat periódusváltozást, és habár ennek mechanizmusa nem ismert minden részletében, ez is a monoton változásokért tehető felelőssé elsősorban.” Kettős rendszerben ez nem biztos, hogy igaz.
86. **44. old. 17. sor:** „Számításaim azt mutatták, hogy a turbulens energia nagysága elhanyagolható a pulzáció teljes energiaháztartásához képest.” Az „elhanyagolható” milyen számszerű értéket takar?
87. **45. old. 5. sor:** „Azonban még a többdimenziós modellek sem valószínű, hogy képesek a turbulens és a kinetikus energia nagyságrendje között talált hatalmas eltérés áthidalására.” A „valószínűséget ” itt hogyan kell értelmezni? Egyáltalán, az állítást mire alapozza a szerző?
88. **45. old. 12. sor:** „...erősebb és szabálytalanabb változásokat tapasztalunk a felhangban rezgő cefeidáknál. ” Mi a „szabálytalanság” mértéke?
89. **45. old. 14. sor:** „Konklúzióként leszűrhetjük, hogy minden valószínűség szerint egynél több hatás is szerepet játszik a cefeidák periódus- és fénygörbealak-



változásának létrehozásában, ...” Az adott kontextusban nem értem a „valószínűség” kifejezést.

90. **45. old. 17. sor:** „Blending, kontamináció” a két szó magyar megfelelőjét kellene alkalmazni.
91. **45. old. 18. sor:** „Űrfotometriai vizsgálatoknál fontos, hogy pontosan tudjuk, mit látunk.” Ezt nem értem. Mikor nem fontos, hogy tudjuk, mit látunk?
92. **45. old. 19. sor:** „... űrfotometriára tervezett távcsövek felbontóképessége sokszor elmarad a földiekétől, mert a lényeg a pontos fotometria, ehhez pedig minél több fotont kell gyűjteni.” Ez nem szükségszerű. A mondott hatást nagyobb felbontás mellett az érzékelő képelemeinek alkalmi összevonásával is meg lehet valósítani.
93. **46. old. 5. sor:** „A földi, jobb felbontással ezek a csillagok feloldhatók, így az is megállapítható, hogy pontosan melyik csillag a változó, és a fényváltozás amplitúdója is rekonstruálható.” Ebben az esetben a mérési pontosság a földi megfigyelések pontosságával egyezik meg.
94. **46. old. 10. sor:** „...a fénygörbe alakja is arra utal, hogy minden bizonnyal normál amplitúdójú változóról van szó, ...” Mikor tekintünk egy amplitúdót „normálnak”?
95. **46. old. 13. sor:** „a különböző színekben mért amplitúdók aránya megfelel a normál amplitúdójú RR Lyrae-knél tapasztaltaknak.” Ez számszerűen mit jelent?
96. **46. old. 14. sor:** „A kontamináció<sup>10</sup> mértékére az ExoDat katalógus<sup>11</sup> katalógus adata 0,13871 0,00663, ami túl alacsonynak tűnik” Mit jelent a „kontamináció”? Mihez képest „túl alacsony” az adott érték?
97. **47. old. 2. sor:** „Az erőteljes blending ellenére sikerült ...” Mikor „erőteljes” a blending?
98. **47. old. 9. sor :** „... ami egy kicsit kisebb érték, mint a többi normál blazskós RRab csillag esetén, a különbség valószínűleg a mérések és a Blazskó-fázis viszonylag nagy bizonytalanságából adódik.” Mikor „kicsit kisebb” valami, illetve mikor „viszonylag nagy” a bizonytalanság?
99. **47. old. 21. sor:** „... és sok kis amplitúdójú módussal, valamint több kisfrekvenciás változással.” A „kis” és „kisfrekvenciás” számszerűen mit jelent?
100. **47. old 24. sor:** „... amely messze a kívül esik a  $\delta$  Scuti csillagok tipikus frekvenciaintervallumán.” A „messze kívül” számszerűen mit jelent?
101. **47. old. 28. sor:** „A vizsgálatban döntő jelentősége volt, hogy a pixelek egyenkénti vizsgálatával megmutattam (2.11 ábra), hogy ezek a változások tényleg a KIC 4840675 rendszerből jönnek, ...” Hogyan lehet kiszűrni a vizsgált objektummal azonos képelemben levő előtér/háttér objektumokat?
102. **47. old. 32. sor:** „A Kepler pixeleire a szaturációs határ 11,5 és 12,0 magnitúdó között van, attól függően, hogy melyik CCD-re és a fókusz sík mely pontjára esik a



célpont.” A határra vonatkozó fényességérték milyen expozícióra vonatkozik? A szaturációt a CCD képelemeinek töltés tároló képessége (full well capacity) határozza meg, ami az adott esetben becslésem szerint  $3 \times 10^5$  beütés lehetett. Az expozíciós idő szabja meg, hogy ezt az észlelés során milyen fényes objektumnál lehet elérni.

103. **49. old. 5. sor:** „...amit egyszerű módszerekkel nem tudtam rekonstruálni ...”  
Mikor tekinthető egy módszer „egyszerűnek”?
104. **49. old. 10. sor:** „A szaturáció ellenére a fluxus nagy részben megőrződik, ...”  
Mekkora részben? Számszerűleg mekkora hányad vész el?
105. **49. old. 13. sor:** „A korai negyedek közül a Q1-ben viszonylag kevés fluxusvesztés történt, míg a Q2-ben már jelentősebb volt a hatás.” A „viszonylag kevés”, illetve „jelentősebb” számszerűen mekkora veszteséget jelent?
106. **49. old. 20. sor:** „Úgy találtam, hogy ezek jó közelítéssel függetlenek a csillag aktuális fényességétől, ezért használhatók azokban az esetekben, amikor a központi oszlop fluxusának egy része elveszett.” Mit jelent a „jó közelítéssel független”? Az optikai rendszernek van egy pontforrás átviteli függvénye (point spread function), amely lineáris átvitelű rendszerben (a CCD a mérési pontosságon belül ilyen) független a forrás fényességétől.
107. **50. old. 10. sor:** „Ezekben a negyedekben a fotometriai bizonytalanság 0,25% volt ott, ahol a korrekciót alkalmazni kellett, ...” Ez magnitúdóban kifejezve 2,5 mmag, ami földi bázisú mérésekkel is elérhető.
108. **50. old. 11. sor:** „...szemben a  $8 \times 10^{-6}$ -os (long cadence) megfigyelési pontonkénti pontossággal ott, ahol a korrekció alkalmazására nem volt szükség. ”  
Amennyiben az ideális esetet nézzük, az említett pontossághoz  $1.5625 \times 10^{10}$  foton regisztrálására van szükség. A CCD képelemeinek töltés tároló képessége miatt  $3 \times 10^5$  beütés után egy képelem telítésbe megy. Objektumonként  $10 \times 10$ -es képelem mátrixot feltételezve (ld. pl 2.5 ábra) egy kiolvasással  $3 \times 10^7$  beütést kapunk. A szövegben említett pontosság eléréséhez 30 perc alatt kereken 520, azaz 3.5 másodpercenként egy kiolvasást végre kell hajtunk. Reális ez? Egyébként nem a teljes képpont mátrix megy telítésbe, így a fent becsült  $3 \times 10^7$  beütésnél akár egy nagyságrenddel is kevesebbet kaphatunk.
109. **51. old. 7. sor:** „Milyen hatást okoz, ha egy kisbolygó megközelít egy csillagot ...” A „megközelítést” hogyan kell érteni?
110. **51. old. 12. sor:** „ami jól reprezentálja a teljes K2-E2 területet.” Mit jelent a „jól reprezentálja” kifejezés?
111. **52. old. 2.25 ábra:** „A short cadence adatokból a kilógó pontokat eltávolítottam.” Mikor tekintett a szerző egy pontot „kilógónak”?
112. **52. old. 1. sor:** „Ennél kevesebb azon csillagoknak a száma, melyeknél jelentős hatás volt megfigyelhető, ...” Mikor lehet egy hatást „jelentősnek” tekinteni?

113. **52. old. 11. sor:** „Az eredeti mintában erős többlet látszik a ( $K_p = 14-15$ ) tartományban, ami nem az adott irányba látszó csillagok valódi fényességeloszlását, sokkal inkább a megfigyelési célpontok kiválasztásai mechanizmusát tükrözi.” Ezt honnan lehet tudni?
114. **52. old 18. sor:** „...jelű csillag fénygörbéjén látjuk a szintén viszonylag fényes (732) Tjilaki kisbolygó közelítését.” Mikor „viszonylag fényes” valami?
115. **53. old. 6. sor:** „... az 5-6 magnitúdóval halványabb kisbolygók is észrevehető felfényesedést okoznak, ha kellően megközelítenek egy célcillagot.” Mikor „észrevehető” egy hatás?
116. **53. old. 9. sor:** „Azt is demonstráltuk, hogy maguknak a kisbolygóknak a pontos fényességmérése is kivitelezhető.” A pontosság mindig valamilyen hibahatárt jelent. Konkrétan itt ez mekkora volt?
117. **54. old. 2. sor:** „... hogy kevés új kisbolygóra számíthatunk a K2 misszió során, 20 magnitúdóig a fővi kisbolygók túlnyomó része már ismert.” Mégis milyen számokra gondolhatunk?
118. **54. old. 9. sor:** „Megmutattam, hogy lehetséges a kisbolygók pontos fotometriája is.” Itt milyen pontosságra kell gondolnunk?
119. **54. old. 30. sor:** „... a Derekas és mtsai (2012) által felfedezett fénygörbealak- és periódusváltozások nagyon kis mértékben vannak jelen a CoRoT-cefeidákban,” Ez a „nagyon kis” számszerűen mit jelent?
120. **57. old. 4. sor:** „Mivel a pulzáció gyengén nemadiabatikus ...” Mit jelent számszerűleg az, hogy „gyengén”?
121. **57. old. 4. sor:** „...a maximális fényesség állapota a maximális kompresszióval, vagyis a minimális sugár állapotával esik egybe, holott a megfigyelések szerint mindez a maximális sebesség közelében történik1. ” Ez a közeli infravörös tartományban (pl H és K szín) nem igaz. A fényesség a sugár négyzete és a hőmérséklet meghatározta fluxus szorzata. A sugár csökkenésével ugyan a hőmérséklet nő, így a fluxus is, de ennek mértékétől függ, hogy a felület – fluxus szorzat mikor maximális.
122. **58. old. 1. sor:** „...a hidrogén részleges ionizációs frontja kifelé mozog a csillagban, miközben energia nyelődik el rekombináció révén.” Ezt nem értem. A rekombináció során nem energia szabadul fel? Egyáltalán, az ionizációs front az anyaggal együtt mozog, vagy nem? Amennyiben lassabban, akkor lehetnek ionizált rétegek, amik rekombinálnának, és ez energia felszabadulással jár.
123. **58. old. 9. sor:** „...a maximum időpontja, vagy a fénygörbe más, jól meghatározott pontja helyett célszerű a fényváltozás Fourier-felbontását venni.” Ezt nem értem. A fénygörbe és annak Fourier transzformáltja között egy- egyértelmű megfeleltetés létezik. Miért előnyösebb a transzformált? Egyáltalán, hogyan kell érteni, hogy „célszerű”. Feltehetőleg valamilyen célt is meg kell jelölni.

124. **58. old. 15. sor:** „A galaktikus cefeidák egy részéről jó minőségű fotometriai megfigyelések állnak rendelkezésre, ...” A „jó minőség” konkrétan mekkora fotometriai pontosságot jelent?
125. **58. old. 17. sor:** „... az alapmódusban pulzáló cefeidák fáziskésése nagymértékben független a periódustól, átlagosan  $-0,28, \dots$ ” Ez a függés számszerűen mekkora? Egyébként a fáziskésés gondolom radiánban értendő. Átszámolva fokokba  $-16,04$  fokot kapunk. Hogy jön ez a korábban említett  $90$  fokhoz? 58. old
126. **58. old. 23. sor:** „Továbbá csak korlátozott számú modellt tudtak futtatni, ...” Akárhány futás korlátozott számú. Korlátlan számú futás nem létezik.
127. **58. old. 33. sor:** „segíthet az ultrakicsi amplitúdójú (ULA2) cefeidák pulzációjának vizsgálatában is.” Mit jelent számszerűen, hogy „ultrakicsi” amplitúdó
128. **59. old. 12. sor:** „Mivel a fejlődési utak jó közelítéssel vízszintesek a Hertzsprung–Russell-diagramon (konstans  $L$ ), ...” Számszerűen  $L$  mennyit változik a fejlődési út mentén? Egyébként  $L$  a bolometrikus luminozitás. Mit jelent ez a Kepler saját fotometriai rendszerében? Hogyan lehet azt bármely más nemzetközileg elfogadott fotometriai rendszerbe transzformálni?
129. **59. old. 17. sor:** „...minden lényeges folyamatot és mennyiséget befolyásol.” Mikor tekintünk egy folyamatot „lényegesnek”?
130. **59. old 23. sor:** „Egy másik lehetőség, hogy eltekintünk a fejlődési modellektől, és a megfigyelési adatokat kombináljuk a pulzációs modellekkel.” A modellek milyen spektrális információt tartalmaznak. Hogyan lehet ezt a Kepler fotometriai rendszeréhez illeszteni?
131. **60. old. 3.2 ábra:** Hogyan lehet az ábrán látható elméleti összefüggést a Kepler fotometriai rendszerében megfigyelt fényességekhez illeszteni?
132. **60. old 11.sor:** „A turbulens konvektív ( $\alpha$ ) paraméterek befolyásolják a cefeidák kód által generált megfigyelhető tulajdonságait, úgymint az instabilitási sáv szélességét, a fény- és radiálissebesség görbék alakját, az amplitúdókat, a rezonanciák helyzetét, az előforduló leghosszabb felhangbeli pulzációs periódust és így tovább.” A fénygörbe alakja, beleértve az amplitúdót, az észlelt spektrális tartomány függvénye. Nem világos, hogy ennek figyelembevétele hogyan történt?
133. **61. old. 12. sor:** „A turbulens paramétereket úgy választottam, hogy minél jobban visszkapjam a megfigyelt amplitúdókat és más említett paramétereket.” Minden illesztésnek van valamilyen hibája. Ezt figyelembe véve, mekkora bizonytalanság adódik magukra a paraméterekre. Az amplitúdóra vonatkozóan ld az előbbi megjegyzésemet.
134. **61. old. 35. sor:** „A megfigyelésekhez illeszkedően itt csak az alapmódus ( $F$ ) és az első két radiális felhang ( $O1$ , illetve  $O2$ ) fáziskésését vizsgáltam.” A megfigyelésekhez történő illesztéssel kapcsolatban ld. előző két megjegyzésem.

135. **62. old. 20. sor:** „Nagy tömegekre a nemlineáris szekvenciák híven követik a lineárisakat.” Számszerűen mekkora a „nagy” tömeg. Numerikus értéket tekintve mit jelent az, hogy „híven követi”?
136. **60. old. 32. sor:** „Ez azt is jelenti, hogy a megfigyelt csillagok többsége normál, nagy amplitúdójú cefeida.” Számszerűen mennyi a „kis” és a „nagy amplitúdó”?
137. **62. old. 33. sor:** „Ezt várjuk is, hiszen ezeket könnyebb megfigyelni, másrészt a fejlődési modellek szerint a kis amplitúdójú állapotokon a csillag hamar végigszánguld.” Számszerűen mekkorák ezek az időtartamok?
138. **62. old utolsó sor:** „A maximum F fáziskésések nulla közelében szórnak, a modellek többsége a  $-0,1$  és  $-0,4$  intervallumba esik.” A fentiek szerint a megfigyelt cefeidák többsége az instabilitási sáv közepén sűrűsödik. Ez a fáziskésés görbe maximuma a 3.2 ábrán. Az ábra szerint az alapmódusban pulzáló cefeidák fáziskésés diagramjainak maximuma  $M < 4$  naptömeg esetén  $\Delta\Phi_1 \approx 0$  körül szór. Itt tehát szignifikánsan semmilyen fáziskésés nincs. Nincs ez ellentmondásban a bevezetőben említett  $\Delta\Phi_1 = \pi/2 = -1,07$  értékkel, ami az ábrán sehol sem látszik.
139. **63. old. 17. sor:** „Mivel a cefeidák széles tartományokat fognak át mind tömegben, luminozitásban és hőmérsékletben miközben áthaladnak az instabilitási sávon, ...” Ezek a tartományok számszerint mekkorák az adott paraméterekben?
140. **65. old. 1. sor:** „A vizsgálat elvégzésekor csak galaktikus cefeidákról álltak rendelkezésre megbízható fáziskésés adatok” Mikor tekintünk egy adatot megbízhatónak?
141. **65. old. 7. sor:** „A modellek és a megfigyelésből származó fáziskésés értékek egyezése meggyőző.” Ezzel nem értek egyet. A 3.4 b) ábrán a mért pontok az  $M < 6$  naptömeg tartományban mind az elmélet maximum alatt vannak, pedig a maximum közelében kellene lenni a legtöbb pontnak, mivel az az instabilitási sáv közepe.
142. **65. old 8. sor:** „Például a megfigyelt F cefeidák fáziskésései kicsit a számítottak fölé esnek a közepes periódusértékek tartományában.” Az alapkérdés az, hogy ez az eltérés a modell és az észlelések között statisztikusan szignifikáns-e?
143. **65. old. 28. sor:** „Az első kettő nagy bizonyossággal felhangban rezgő cefeida, ...” Minek az alapján állítjuk ezt? A „bizonyosság” szám szerint mit jelent?
144. **65. old. 31. sor:** „Ha a három előbb említett, kilógó csillagot nem számítjuk, akkor viszont a megfigyelések ívelt szerkezetet mutatnak, és a kiszámolt eredmények is híven követik a megfigyeléseket.” Az állítás ebben a formában elfogadhatatlan. A számított értékek felső burkológörbéje egy numerikusan meghatározható függvénykapcsolat  $\Delta\Phi_1$  és  $\log P$  között. Az illeszkedés jóságát számszerűen jellemezni lehet.
145. **66. old. 3. sor:** „A legfontosabb különbség a nagy tömegértékeknél látszik.” Szám szerint ez mekkora tömeget jelent?

146. **66. old. 19. sor:** „Mindkét esetben a rezonancia M–L-relációt és galaktikus fémtartalmat használtam.” Ez szám szerint mennyi?
147. **66. old. 20. sor:** „A görbék alakja hasonlít a két esetben, de a fáziskésések által lefedett tartomány jóval kisebb a B jel ’u kombinációval, ami a kisebb amplitúdó hatásának tulajdonítható. Ugyanezért a nemlineáris hatások is kisebbek, így a lineáris és nemlineáris fázisértékek közel esnek egymáshoz a b.) panelen.” Az állításokat semmilyen, a mérések és elméleti görbék közötti kapcsolatot szám szerűen jellemző statisztikus elemzés nem támasztja alá.
148. **67. old. 4. sor:** „Összességében azt mondhatjuk, hogy ha a választott konvektív paraméterek visszaadják a megfigyelt módusszelektációs képet, akkor nincs számottevő hatásuk a fáziskésésre.” Hiányolom az állítás konkrét statisztikai jellemzőkkel történő alátámasztását.
149. **67. old. 10. sor:** „Kis tömegértékekre nem találunk nagy eltérést, de hosszabb periódusokra (nagyobb tömegekre) az alacsonyabb fémtartalom felfelé téríti el az elméleti F fáziskéséseket.” Az állításból hiányoznak a konkrét szám szerű értékek.
150. **67. old. 18. sor:** „Így például a modelljeim által jelzett maximális O2 periódus jó egyezésben van a megfigyelt LMC (Soszyński és mtsai, 2001), illetve SMC-beli értékekkel ...” A „jó egyezés” szám szerint mit jelent?
151. **68. old. 12. sor:** „Azt találtam, hogy a forgás hatása még 20 km/s forgási sebességnél is elhanyagolható.” Mihez képest „elhanyagolható”?
152. **68. old. 19. sor:** „Bár a radiális sebesség és a fénygörbe alakját leíró Fourier-paraméterek pulzációs periódus függvényében történő progressziója általában elárulja a radiális pulzációs módus mibenlétét, bizonyos periódustartományokban nem jó indikátor.” Mikor nevezünk egy indikátort „jónak”?
153. **70. old. 4. sor:** „A V és I sávban mért  $\Phi^{\text{Imag}}$  Fourier-fázisok például közel esnek egymáshoz ...” A „közel” mekkora hibát jelent?
154. **70. old. 8. sor:** „... Bealieu és mtsai (2001) azonban szélesebb tömegtartományra nagyon hasonló eredményeket kaptak.” A „nagyon hasonló” szám szerint mennyi?
155. **70. old. 13. sor:** „Az ábra a megfigyelések és a modellek közötti jó egyezésről tanúskodik.” Az állítást semmilyen statisztikai elemzés nem támasztja alá. Az O1 objektumok például mind az elméleti görbék burkolója alatt találhatók.
156. **70. old. 18. sor:** „Következményeként az  $A_1$  amplitúdók határozott lokális minimumot mutatnak, amit a modelljeink tisztán visszaadnak – a megfigyelésekkel teljes összhangban.” Hiányolom az állítás statisztikai alátámasztását.
157. **70. old. 20. sor:** „Hasonló jelentőségű rezonanciát találunk a felhangbeli pulzációnál is, ami az első és a negyedik radiális felhang között áll fenn:  $P_4 : P_1 = 1 : 2$ , és a  $P_1 = 3;5 - 4;0$  nap periódusok között jelentkezik, a 3.8 ábrán az  $M=5,5$  naptömeg

modellsorozatnál.” Az ábra alapján én semmi hasonlót nem látok. Itt is hiányolom a statisztikai elemzést.

158. **71. old. 21. sor:** „Ez utóbbi vélekedést erősíti, hogy pulzációs periódusa viszonylag hosszú, ami a leghosszabb periódusú, felhangban pulzáló galaktikus cefeidává avatná, alaplómodusú cefeidák között viszont átlagos értéknek számítana.” Ezt nem értem. A 3.4 ábrán a fundamentális módusban pulzáló csillagok közül még a közelében sincs objektum, míg a felhangban pulzálók között igen (ld. még a 3.11. ábrát).
159. **72. old. 30. sor:** „Feast és Catchpole (1997) megmutatták, hogy a Hipparcos asztrometriai műhold mérései konzisztensek a Polaris első felhangbeli pulzációjával.” A „konzisztens” számszerűen mit jelent?
160. **73. old. 8. sor:** „Saját, a cefeidák fáziskésésre alapuló számításaim a felhangbeli pulzációt valószínűsítik a Polaris esetében, de nem zárják ki teljesen az alaplómodus lehetőségét sem.” A számszerű eredményeket célszerű lett volna bemutatni.
161. **74. old. 1. sor:** „Az első megbízható fotoelektromos UBV megfigyeléseket Wachmann (1976) publikálta.” Mikor „megbízható” egy fotoelektromos észlelés?
162. **74. old. 12. sor:** „Ezek a paraméterek konzisztensek a cefeida klasszifikációval.” Az állítást számszerűen is igazolni kellett volna.
163. **75. old. 3. sor:** „A további kismértékű instrumentális hullámhosszbeli eltolódásokat nagyszámú tellurikus O2 vonal kalibrációjával orvosoltuk.” Itt mekkora korrekcióra kell gondolnunk?
164. **75. old. 12. sor:** „Elkülönítésük általában a fénygörbe Fourier-paraméterei alapján történik, melyek jellegzetes progressziót mutatnak a pulzációs periódus függvényében.” A Fourier-paraméterek számszerűen milyen változást mutatnak a periódus függvényében?
165. **75. old. 22. sor:** „Alaplómodusú cefeidákra nagyobb  $R_{21}$  értékeket találunk, mint felhangbeliekre, de az értékek amplitúdó függőek, ...” A 3.9 ábrán ez miben nyilvánul meg?
166. **76. old. 7. sor:** „Ez a munka egy példája az elméleti vizsgálatok, az űrfotometriai mérések és a földi kiegészítő megfigyelések gyümölcsöző kölcsönhatásának.” A közölt elemzésnél az űrfotometriai mérések hol kerültek felhasználásra? E nélkül mennyivel lehetett volna kevesebbet mondani?
167. **77. old. 2. sor:** „A cefeidák fiatal, fényes, közepes tömegű pulzáló változócsillagok.” A felsorolt tulajdonságokat jó lett volna számértékkel is jellemezni:
168. **77. old. utolsó sor:** „...Kołaczkowski (2008, 2009) munkái konzisztens módon kezdtek a radiális spektrumba nem illő periodicitásokat feltárni.” A „konzisztens” jelző itt mit jelent?
169. **78 old. 8. sor:** „A pontosan nem értett frekvenciákra a legjobb magyarázatnak a nemradiális módusok jelenléte tűnik” Milyen értelemben a „legjobb ez a magyarázat”?



170. **78. old. 15. sor:** „Nem utolsósorban: a két, nagy pontossággal megfigyelt periódus lehetővé teszi a csillag paramétereinek pontos behatárolását.” Minden méréseken alapuló becslés véges pontosságú. Az adott esetben ez mekkora?
171. **78. old. utolsó sor:** „A galaxisok nehezebb kémiai elemekben való feldúsulása (leegyszerűsítve) hidrogén és héliumégés formájában zajlik.” A szupernóva robbanások ebbe hogyan férnek bele?
172. **79. old. 2. sor:** „... az összefüggés pontos alakját pedig olyan parabolával illesztettem, ami átmegy a Galaxisra és a Magellán-felhőkre jellemző értékeken ...” Jó lenne látni, hogy m ilyen mérési pontokra, milyen pontossággal illeszkedik a görbe.
173. **79. old. 32. sor:** „... a kémiai összetételt galaktikusnak ( $Z=0,020$ ) választottam. ...” A valóságban a  $Z$  tartomány ettől szélesebb. Mi történik, ha ezt figyelembe vesszük?
174. **80. old utolsóelőtti sor:** „Érdeemes megfigyelni a modellezett és megfigyelt cefeida-instabilitási sáv topológiájának nagymértékű hasonlóságát.” Jó lenne részletezni, hogy mit kell a „nagymértékű hasonlóságon” értenünk.
175. **81. old. 7.sor:** „A legfontosabb eredmény tehát, hogy a modellek megfigyelten pontosan egybevágó helyen és hőmérséklet-tartományban adnak kétmódusú eredményt RR Lyrae-kre (Szabó és mtsai, 2004) és cefeidákra is (3.12 ábra).” Nem világos előttem, hogy a „pontosan egybevágó” mit jelent az adott kontextusban, hiszen a 3.12 ábra jobb és baloldala nem ugyanazokat a változókat tartalmazza, és semmilyen számszerű egybevetés nem történt.
176. **82. old. 3.13. ábra:** „A közel függőleges vonalak a Pietrinferni és mtsai (2006) munkája alapján kapott M–L-relációkat mutatják balról jobbra a következő  $Z$  értékekre: 0,001, 0,004, 0,008, 0,019 és 0,027” Korábban a számításoknál  $Z=0,02$  értéket rögzített a szerző (79. old 32. sor) nincs itt valami ellentmondás?
177. **82. old. 4. sor:** „... a kétmódusú tartományok topológiája kísértetiesen hasonlít a megfigyelésekhez, ...” A „kísérteties” hasonlóságot hogyan kell érteni? Egyáltalán mi a véletlen egyezés valószínűsége?
178. **83. old. 9. sor:** „Fontos megemlíteni, hogy az eljárás csak a megfigyelt periódusértékeket használja, de felhasználja a pulzációs modelleket is (bár azok lineáris volta miatt a módszer nem függ jelentősen azok részleteitől).” Milyen mértékű függés lenne „jelentős”?
179. **83. old. 38. sor:** „Ezenkívül a Girardi-féle fejlődési modellek mentén számolt pulzációs modellek jó egyezésben vannak az OGLE-adatokból a Kis- és Nagy-Magellán-felhők cefeidáira adódó rezonancia feltételekkel” A „jó egyezés” alatt itt valójában mit kell értenünk?
180. **84. old. utolsóelőtti sor:** „Az ismertetett módszerrel galaktikus kétmódusú F/O1 cefeidákra  $Z = 0,0074 - 0,0182$  fémtartalmat kapunk, átlagértékben  $Z = 0,0118$ , ami egy kicsit alacsonynak t „unik,” Miért?

181. **85. old. 3.15 ábra:** a tipikusnak mondott  $Z=0,020$  galaktikus fémességnek (79 old. 32.sor) az ábrán egyetlenegy cefeida sem felel meg
182. **86. old. 3.16 ábra:** ugyanaz a probléma, mint a 3.15-ös ábránál.
183. **87. old. 19. sor:** „Érdemes összefoglalni, hogy a pusztán megfigyelt periódusokra alapuló módszerünk miért is működik ilyen hatékonyan és pontosan.” A 3.15, illetve 3.16 ábrákból a csillag helyzetéből becsülhető a fémesség modell alapú értéke. Hogyan viszonylik ez a spektroszkópiailag becsülthez?
184. **88. old. 10. sor:** „A cefeidák fáziskésésénél alkalmazott módszerrel kimutattam, hogy ezzel ellentétben, esetünkben a cefeida csillagok forgására 20 km/s-ig gyakorlatilag nem érzékeny a módszer” A „gyakorlatilag nem érzékeny” mekkora pontosságot jelent?
185. **88. old. 14. sor:** „...a cefeidák és azon belül a kétmódusúak lassan forognak. ” A „lassú” számszerűen mennyi?
186. **88. old. 14. sor:** „Megjegyzendő még, hogy az alkalmazott módszer a héliumtartalomra is igen kevésbé érzékeny ...” Az „igen kevésbé mekkora értéket jelent?”
187. **88. old. utolsóelőtti sor:** „...statistikusan nagyon kevés csillagot láthatunk ebben az állapotában.” Százalékosan ez mennyi lehet?
188. **89. old. 4. sor:** „...mire elérnénk a Galaxisra jellemző  $Z$ -értéket, gyakorlatilag nem is metszik a lineáris kétmódusú tartományunkat, ...” A „gyakorlatilag” az hogyan értendő?
189. **89. old. 13. sor:** „Mindezek szerencsére kevésbé befolyásolják a kétmódusú cefeidákra alapozott fémtartalom-meghatározás eredményeit, mert ez csak kevésbé függ a választott  $M-L$ -relációtól. Ez jól látható 3.19 ábra jobb oldali paneljén,” A „kevésbé” kvantitatíve mit jelent? Egyáltalán hogyan látszik ez a 3.19 ábrából?
190. **90. old. 1. sor:** „A 3.19 ábrán az  $M-L$ -relációk okozta különbségek ellenére – legkisebb tömegek kivételével – a fémtartalom-meghatározáshoz használt tartományok meglepően közel esnek egymáshoz, ami megnyugtató a módszer alkalmazhatóságának szempontjából.” Mekkora tömeg a „legkisebb”? Milyen közeli érték a „meglepően közel”? Mekkora különbségnél kellene „nyugtalanodni”?
191. **90. old. 7. sor:** „...a Petersen-diagramon elfoglalt pozíció a teljes  $Z$ -től függ-e, vagy a nehezebb elemek, pl. a Fe csoport tagjainak relatív hozzájárulásától, hiszen ezek járuléka a döntő az opacitásban.” Ez csak az optikai színek tartomány egy részére igaz. A közeli infravörös tartományban már nem.
192. **90. old. 14. sor:** „... a galaktikus kétmódusú cefeidák esetében  $Z = 0,0089 - 0,0221$  fémtartalomértékeket kapunk, \_  $Z = 0,0141$  átlaggal, ami közelebb van az elfogadott értékhez, mint a sztenderd kémiai összetétellel kapott 0,0118, ...” Kérdés, hogy a  $Z$  meghatározásában jelen levő hibára nézve ez a két érték különbözik-e?



193. **91. old. 9. sor:** „Ezt várjuk is, hiszen a periódusarány elsősorban az opacitásra érzékeny, amit a vascsoport elemeinek dominanciája jellemez.” (ld. a 90. old. 7.sornál tett megjegyzés).
194. **91. old. 23. sor:** „Ez azonban a Magellán-felhők esetében és a későbbi alkalmazásoknál esetünkben nem okozott bizonytalanságot, kivéve a Kis-Magellán-felhő legrövidebb periódusú ( $P_0 < 1;0$  nap) cefeidáinál.” Számszerint mekkora bizonytalanságról van szó?
195. **92. old. 17. sor:** „Miután a legnagyobb amplitúdójú jelet és harmonikusait levontuk, a további periodicitást tartalmazó kétmódusú csillagok könnyen keresethőkkel váltak.” A „könnyen kereshető” valójában mit jelent. Hogyan kezelték a zajt?
196. **92. old. 33. sor:** „A tisztán látást nehezíti, hogy a Magellán-felhők fémtartalmára nagyon különböző értékeket kapunk, attól függően, hogy milyen korú és elhelyezkedésű objektumokat használunk ...” Itt konkrétan milyen értékekre kell gondolnunk?
197. **93. old. 3.21 ábra:** Az ábrán  $P_{10} > 0.8$  érték felett látunk egy pont sorozatot. Ilyen érték az elméleti görbéken nincsen.
198. **93. old. 1. sor:** „...egyik lehetőség, hogy általános fémtartalom helyett az egyedi elemek eloszlását, feldúsulását vizsgáljuk nagyfelbontású spektroszkópiával (Pompéia és mtsai, 2008), a másik lehetőség, hogy kihasználjuk a beat cefeidák nyújtotta független fémtartalom-meghatározási lehetőséget. Itt ez utóbbi utat mutatom be eredményeink alapján.” A modellből becsült  $Z$  értéket össze kellene hasonlítani a spektroszkópiai mérésekkel, hogy reálisak-e?
199. **93. old. 5. sor:** „Az általunk felfedezett kétmódusú cefeidák térbeli eloszlása jól követi a normál cefeidákét mindkét kísérő galaxisunkban.” A „jól követi” konkrétan mit jelent?
200. **93. old. 6. sor:** „A periódusarányokat a 3.21 ábrán láthatjuk. Amíg a két galaxis O1/O2 cefeidái hasonló helyet foglalnak el a diagramon, ...” A 3.22 ábra szerint az LMC és az SMC csillagai  $Z$ -ben külön ágat képviselnek. Mennyiben tekinthető ez „hasonló helynek”? A 3.23 ábra alapján megítélésem szerint egy  $t$ -próbával ezt igazolni is lehetne.
201. **94. old. 3.22 ábra:** Az ábrán az LMC és az SMC pontok már az elméleti görbeseregire esnek, szemben a 3.21 ábrával (ld. 1 199. megjegyzést). Mi az eltérés oka?
202. **95. old. 2. sor:** „A hisztogram alapján a két galaxis fémtartalmára 0,0045 (LMC), illetve 0,0018 (SMC) értékek adódnak.” Szignifikáns-e az eltérés?
203. **95. old. 7. sor:** „Számításaim szerint a sokkal számításigényesebb nemlineáris modellek nagyjából ötödére csökkentenék a kétmódusú tartomány szélességét, így bizonytalanságát is, azonban ezek kalibrációjának nehézsége miatt nem vállalkoztam ennek végigvitelére.” Milyen nehézségekre kell gondolnunk?
204. **95. old. 10. sor:** „... a nemlineáris modellek adta fémtartalmak egy kicsit nagyobbak lesznek a lineárisokhoz képest.” A „kicsit nagyobb”  $Z$ -ben mekkora értéket jelent?

205. **95. old. 15. sor:** „Ezeket a bizonytalanságokat nehéz becsülni, de átlagosan nem lehetnek sokkal nagyobbak a 3.23 ábrán feltüntetett hibáknál.” Numerikus becslések nélkül ezt milyen alapon állíthatjuk?
206. **96. old. 1. sor:** „Azt is megvizsgálták, hogy a  $P_{01}/P_{02}$  periódusarány jóval érzéketlenebb a fémtartalomra, mint az  $F/O1$  csillagok periódusaránya.” A „jóval” számszerűen mekkora értéket jelent?
207. **96. old. 4. sor:** „...kissé eltérő kémiai elemösszetételt és opacitásokat alkalmazva ...” A „kissé eltérő” mekkora értéket jelent?
208. **96. old. 7. sor:** „A várakozásoknak megfelelően a spirálgalaxisok fémtartalom-eloszlása a centrum felé növekszik.” Szerintem a fémtartalom növekszik, nem pedig annak eloszlása.
209. **97. old. 36. sor:** „A kétmódusú cefeidákon alapuló módszer szubszoláris fémtartalom-értékeket szolgáltatott 15 kpc-en belül, ami hasonló a HII régiókból különböző spektroszkópiai módszerekkel nyerhető fémtartalom-becslésekhez.” A „hasonló” mekkora értéket jelent? Az értékek a hibahatáron belül megegyenek?
210. **98. old. 1. sor:** „Ez az érték azonban közelebb esett a planetáris ködökön alapuló módszer által szolgáltatotthoz, mint a HII régiókra alapozó módszer eredménye.” Szám szerint ez mit jelentett?
211. **98. old. 4. sor:** „Az alapmódusban és első felhangban pulzáló cefeidák fémtartalmára kidolgozott és itt ismertetett módszer az egyedi csillagok fémességének becslésén túl a közeli extragalaxisok fémtartalom- eloszlásának meghatározására is alkalmas, a spektroszkópiai mérésekre alapuló többi, gyakran alkalmazott metódustól független módszert jelent.” Meg kellene mutatni, hogy azokon az objektumokon mérve spektroszkópiailag, illetve pöluzáció elmélet alapján a fémességet, mennyire egyező értékeket kapunk. A galaxisok fémtartalma attól is függ, hogy milyen korú objektumokon mérjük.
212. **101. old. 33. sor:** „Három csillag mutatta egyértelműen a perióduskettőződést.” Mekkora pontosság mellett egyértelmű valami, és mekkora pontosság mellett nem az?
213. **102. old. 15. sor:** „Ez azt jelenti, hogy a keletkezett elektronok jelentős mértékben szétterjednek az oszlopok (kiolvasási irány) mentén, de szerencsére a rögzített fluxus nagyon pontosan megőrződik.” A „jelentős”, illetve „pontos” itt milyen számszerű értékeket jelent?
214. **102. old. 23. sor:** „Így az egyedi pontok relatív hibája 0,25% lett, ...” Ez 2,5 mmag hibának felel meg, ami földi mérésekkel is elérhető.
215. **102. old. 30. sor:** „A perióduskettőződés nemcsak a teljes fluxusban látszik, de az egyedi pixelek fluxusidősorában is, és minden egyes oszlopban, amelyik szignifikáns mértékben tartalmaz fluxust a célobjektumból.” A „szignifikáns mérték” szám szerint mekkora értéket jelent?
216. **102. old. 32. sor:** „Az egyedi pixelekből a perióduskettőződéshez köthető jel sokkal nagyobb, mint a fotonzaj.” A „szokkal nagyobb” mekkora jel/zaj viszonyt jelent?

217. **103. old. 5. sor:** „...Q2 adatainak esetében még ennél is jóval több pixelt töltöttek le ...” A „jóval több” mekkora többletet jelent?
218. **103. old. 14. sor:** „Talán a legerősebb bizonyíték a perióduskettőződés valódiságára a Q1 adatok azon szakasza, ahol annyi pixelt töltöttek le, hogy nincs fluxusvesztés, és mégis erőteljes perióduskettőződés látható.” Mikor tekintjük a perióduskettőzést „erőteljesnek”?
219. **103. old. 22. sor:** „Az egyedi maximumokat és minimumokat kilencedrendű polinommal illesztettem, ...” Az illesztésnél hány adat pontot használt? A maximum körül kevesebb pont, illetve alacsonyabb rendszámú polinom mit adott volna?
220. **103. old. 24. sor:** „Nem találtam az alul-mintavételezésből származó komolyabb problémát.” Minek alapján állítjuk, hogy alul-mintavételezés történt. Mi lett volna a „komolyabb” probléma?
221. **103. old. 34. sor:** „Ahol a spektrális szignifikancia elérte a konzervatív 5,0-ös értéket, ...” Egy frekvencia csúcsot elfogadva ennek az alapján mekkora tévedési valószínűséget jelent?
222. **103. old. utolsó sor:** „...csak minimális eltéréseket találtam.” Mekkora eltérést tekinthetünk „minimálisnak”?
223. **105. old. 4.5. ábra:** „...  $k = 9$  környékén jelentős lokális maximum jelentkezik ...” A mérési pont hibája az ábrán nincs feltüntetve. Minek az alapján ítéljük az eltérést „jelentősnek”?
224. **105. old. 3. sor:** „... az amplitúdómoduláció is viszonylag szerény mértékű ...” Mihez képest „szerény” az amplitúdó moduláció. Egyáltalán, mekkora?
225. **105. old. 12. sor:** „... 18 Kepler blazskós RRab csillag közül 10 mutat egyértelműen perióduskettőződésre utaló jeleket a frekvenciaspektrumában.” Mekkora tévedési valószínűség mellett tekintünk valamit „egyértelműnek”?
226. **105. old. 22. sor:** „... fél-egész csúcsok amplitúdója  $k$  értékének növekedésével többé-kevésbé monoton módon csökken.” Hogyan lehet „többé-kevésbé” monoton csökkenni?
227. **106. old. 4. sor:** „Ezeket analitikus függvény módszerével számoltam (Kolláth és mtsai, 2002), ami az időfüggő jelek hatékony analizisét teszi lehetővé.” Bármely fénygörbe „időfüggő jel”. A fénygörbe melyik tulajdonságát vizsgálja az említett módszer?
228. **106. old. 5. sor:** „...a módszer jobban teljesít a hagyományos időfüggő Fourier-módszereknél, de az adatsorban meglévő űrök környezetében megbízhatatlan értékeket ad, így ezeket a részeket kivágtam.” Mikor tekintünk egy értéket „megbízhatatlannak”?

229. **106. old. 13. sor:** „A fénygörbében és a frekvenciaspektrumban látható jelek erőteljesen korrelálnak egymással.” Számszerűen ez mekkora korrelációt jelent, és ez mennyire szignifikáns?
230. **106. old. 15. sor:** „A fényes RRLyr csillagban a fél-egész frekvenciák sosem tűnnek el, a jelenség mindig jelen van.” Milyen kritériumnak kell teljesülnie, hogy egy frekvenciát megtartsunk?
231. **106. old. 18. sor:** „Praktikusan a teljes megfigyelt, másfél Blazskó-ciklus alatt jelen van a perióduskettőződés.” A „praktikusan” szó itt a Blazskó ciklus mekkora részére vonatkozik?
232. **108. old. 1. sor:** „A fél-egész frekvenciák amplitúdójának minimuma nagyobb, mint az RRLyr esetében, de a maximális amplitúdó hasonló.” Szám szerint két mennyiséget mikor mondunk „hasonlónak”?
233. **108. old. 9. sor:** „...amplitúdó- és fázismodulációt alkalmaztunk, melyeket 2-, illetve 5-tagú Fourier-összeggel állítottunk elő.” Nem világos előttem, hogy a „Fourier-összeg” milyen mennyiség?
234. **108. old. 10. sor:** „Az előálló fénygörbe nagyon hasonlít a megfigyeltre, ... ” A hasonlóságot a két Fourier szorzatával lehet jellemezni. Ez a két fénygörbe keresztkorrelációjának Fourier transzformáltja.
235. **108. old. 17. sor:** „Ez az egyszerű modell meglepően jó egyezést hozott a megfigyelésekkel (az ábra legalsó panelje): több frekvencia megjelent, és megjelenésük, eloszlásuk is egészen hasonló a megfigyelésekhez.” A két Fourier szinkép összehasonlításával kapcsolatban ld. az előző megjegyzést.
236. **108. old. 27. sor:** „A perióduskettőződéshez tartozó ritka, kaotikus attraktor viselkedése a pontosan fél-egész frekvenciáktól való kis eltérést és széles frekvenciacsúcs-erdőt jelez előre, teljes összhangban a megfigyelésekkel.” A „kis eltérés” szám szerint mekkora értéket jelent?
237. **110. old. utolsóelőtti sor:** „A pulzációs ciklusok alternálásának kimutatását az segítette, hogy heted- vagy kilencedrendű polinommal illeszttem a maximumokat ...” Mi döntötte el, hogy melyiket használta? A maximumok közelében alacsonyabb fokú polinom nem volt alkalmazható? Egyáltalán, hogyan történt az illesztés?
238. **111. old. 4.8 ábra:** A baloldali frekvencia spektrumban a pontozott és a folytonos vonalak között is vannak csúcsok. Ezeknek a fehérítésnél nem kellett volna eltűnniük? Egyáltalán mi a fizikai jelentésük?
239. **111. old. 1. sor:** „...ezáltal megszabadulva az esetlegesen hiányzó adatpontok, illetve a más csillaggal összemért blazskós RR Lyrae csillagoknál tapasztalható nagy szórás okozta problémáktól.” Milyen szórás-problémákra kell itt gondolnunk?
240. **111. old. 16. sor:** „Az előzőekben részletesen bemutatott analízis révén egyértelműen sikerült azonosítanom a perióduskettőződés jelenlétét a csillagba.” Milyen feltételek teljesülése kell az „egyértelmű” azonosításhoz?

241. **111. utolsó sor:** „További vizsgálataim során azonban ennél a csillagnál is egyértelműen kimutattam a perióduskettőződésre utaló fél-egész frekvenciákat az alaplómódus és harmonikusai közötti felezőpont környékén” ld. előző megjegyzésemet.
242. **112. old. 4.9. ábra:** Az itt bemutatott frekvencia spektrumban is láthatók olyan csúcsok, amikhez nincs semmilyen megjegyzés fűzve.
243. **113. old. 4. sor:** „Külön ellenőriztem, hogy ez nem befolyásolta a frekvenciaspektrum alacsony frekvenciájú – ebben a vizsgálatban releváns – tartományát.” Az ellenőrzés kifejezés itt milyen eljárást takar?
244. **113. old. 9. sor:** „...arra a következtetésre jutottam, hogy a CoRoT segítségével még ennél a jelentősen fényesebb csillaggal összemért objektumnál is megállapítható a perióduskettőződés (időleges) jelenléte.” A „jelentősen fényesebb” mekkora különbséget jelent. Miért jelent ez problémát?
245. **113. old. 23. sor:** „...annak a valószínűsége is rendkívül csekély, hogy véletlenül álljon elő ilyen mintázat.” Ezt a valószínűséget hogyan lehet megbecsülni?
246. **115. old. 2. sor:** „... elsőként nyílt alkalmam a CoRoT jó minőségű űrfotometriai adatainak birtokában.” A „jóminőségű űrfotometria” itt mekkora pontosságot jelent?
247. **115. old. 17. sor:** „... nem találtam perióduskettőződésre (vagy más periodicitásra) utaló frekvenciát.” A pulzáció frekvenciája azért gondolom, jelen van a spektrumban.
248. **116. old. 27. sor:** „De a legfontosabb tényező, hogy az RR Lyrae csillagok jellemzően fél napos periódusa szinte lehetetlenné teszi a földi megfigyelők számára, hogy két, egymást követő maximumot végigkövessenek.” Ez az állítás különböző földrajzi hosszúságnál levő együttműködő megfigyelők esetén nem igaz.
249. **118. old. 7. sor:** „Ez a vizsgálat arra mutatott, hogy az alaplómódusú határciklus instabil a modellparaméterek széles tartományában.” Milyen paraméterekről van szó konkrétan, és mekkora ez a tartomány?
250. **118. old. 15. sor:** „Megjegyzendő, hogy ez a modellünk a perióduskettőzött állapot megjelenésének és eltűnésének időskáláját a megfigyelésekkel összhangban írja le.” Az „összhang mekkora hibát jelent?”
251. **118. old. 18. sor:** „A perióduskétszerező bifurkáció ugyanis történhet termális vagy rezgési módus destabilizálásán keresztül.” Ezt a modelltől miért nem lehet kiolvasni?
252. **119. old. 17. sor:** „A jelenség egyes csillagokban időszakosan van jelen, hosszabb-rövidebb időszakokra, azonban az egyik legjobban megfigyelt csillagnál, a névadó RR Lyrae-nél gyakorlatilag folyamatosan kimutatható.” Mit jelent, hogy valami „gyakorlatilag folyamatos”?

253. **120. old. 15. sor:** „A perióduskettőződésnek az alaplómodus és a kilencedik felhang 9:2-es rezonanciájával történő egyértelműen igazolt magyarázata (Szabó és mtsai, 2010; Kolláth és mtsai, 2011) a pulzációelmélet új dimenzióit nyitotta meg.” Korábban a szerző azt állította, hogy a periódus kettőződés csak Blazsko modulált esetben lép fel. Ennek mechanizmusa nem teljesen ismert. Hogyan lehet a kettőződés magyarázata „egyértelmű”?
254. **120. old. 30. sor:** „...Stothers (2006) szerint a modulációs ciklus alatt a csillag turbulens/konvektív szerkezete változik. Minthogy a modelljeink alapvetően érzékenyek a turbulens jellemzőkre, ...” A turbulencia beépítése a modellbe egy alapvetően sztochasztikusan viselkedő komponenst hoz be, aminek a hatásával számolni kellene. Ennek hatása lehet a pulzációra, illetve a fénygörbére. Erre miért nincs utalás? Az időszakos változásokban a sztochasztikus perturbációnak szerepe lehet.
255. **120. old. 38. sor:** „A modellek említett érzékenysége, a ( $P_0 : P_k = 9 : 2$ ) rezonancia viszonylag keskeny paramétertartományban való bekövetkezésével kombinálva ...” Mihez viszonyítva keskeny?
256. **121. old. 26. sor:** „... a hidrodinamikai szimulációk rendkívül érzékenyek lesznek a felszínen vett határfeltételekre, a zónázás geometriájára, a keveredési hosszra és így tovább.” Ez az „érzékenység” hogyan jelenik meg a megoldásokban?
257. **122. old. 16. sor:** „Ha RR Lyrae csillagokra még nem is sikerült modulált hidrodinamikai modelleket létrehozni fél-egész rezonanciával, a Smolec és Moskalik (2012) szerzőpáros sikerrel járt BL Herculis csillagok esetén.” Mi lehet ennek az oka?
258. **123. 5. sor:** „Ez a mechanizmus egyéb tekintetben hasonlít a 9:2-es rezonanciához.” Milyen tekintetben?
259. **123. old. 13. sor:** „A perióduskétszerezést mutató paramétertartomány egy részhalmazán sikerült a modulációt mutató modelleket lokalizálni (4.17 ábra).” Ténylegesen milyen paraméter tartományról, illetve részhalmazról van szó?
260. **124. old. 1. sor:** „A kettő- és háromdimenziós pulzációs hidrodinamikai kódok minden bizonnyal ezen a területen is áttörést hozhatnak: megerősíthetik vagy elvethetik a 9:2-es rezonanciát, mint a Blazsko-effektus lehetséges magyarázatát.” Ez csak abban az esetben igaz, ha a modellben használt fizikai feltételek megfelelnek a valóságnak.
261. **125. old. 19. sor:** „Láthatóan az extra periodicitások nem illeszkednek a radiális sajátmódusok spektrumába, ...” Ezt honnan lehet látni?
262. **126. old. 2. sor:** „Közös jellemzőjük, hogy az extra frekvencia jóval alacsonyabb amplitúdójú, mint a radiális módus(ok).” Mégis mennyivel alacsonyabb?
263. **126. old. 8. sor:** „Mivel a radiális sajátmódusok spektrumára szorítkozva nem magyarázhatók ezek a periodicitások, a legvalószínűbb, hogy nemradiális módusokkal van dolgunk.” Ezt minek az alapján állítjuk. Egyáltalán a „valószínűség” itt mit jelent?ü
264. **126. old. 15. sor:** „Mágneses aktivitás vagy kettősség szintén szóba jön, de kevés erre utaló jel vagy mérés született a mai napig, ráadásul egyes csillagoknál ezek egyértelműen kizárhatók.” Hogyan lehet valamit „egyértelműen” kizárni?



265. **126. old. 22. sor:** „... f-módusok jelenthetik az egyetlen lehetséges magyarázatot a cefeidákban található rejtélyes módusokra.” Hogyan lehet más, esetleg még nem is ismert magyarázatokat kizárni?
266. **126. old. 26. sor:** „Elsősorban a túl magas rendek és ezzel összefüggésben a szükséges túl nagy amplitúdó jelentik az Achilles-sarkát ennek az elképzelésnek.” Mit jelent a „túl magas”, illetve a „túl nagy”?
267. **127. old. 4. sor:** „A legtöbb esetben 8 egyforma időszellettal dolgoztam, ami jó kompromisszumnak bizonyult a frekvenciafelbontás, a jel/zaj viszony és az időfelbontás között.” Milyen feltételek mellett lesz egy kompromisszum „jó”? Mikor kellett ettől eltérni? Mennyire függ az eredmény a szakaszok számától?
268. **127. old. 16. sor:** „Ez a teszt azt mutatta, hogy a nem túl zsúfolt frekvenciaspektrumok esetén jó esélyem van a kis amplitúdójú, időben változó jelek vizsgálatára.” Mikor kell egy spektrumot „zsúfoltnak” tekintenünk?
269. **127. old. utolsóelőtti sor:** „Ebben az esetben  $f_{\text{test}} = 3,4 \text{ d}^{-1}$  frekvenciájú, 3mmag amplitúdójú jelet injektáltam.” Mi lett volna, ha más paraméterű jelet adunk hozzá?
270. **128. old. 3. sor:** „A formális hibahatárok egészen jól visszaadják a tapasztalt bizonytalanságot, és a frekvenciacsúcs alakja sem torzul mindaddig, amíg a vizsgált frekvencia közvetlen közelében nincsenek további frekvenciacsúcsok.” Az „egészen jól” milyen numerikus pontosságot jelent?
271. **128. old. 15. sor:** „... mind a fél-egész frekvencia, mind pedig  $f^*$  időben jelentős változásokat mutat.” Mikor tekintjük a változást „jelentősnek”?
272. **128. old. 17. sor:** „A CoRoT 793-es blazskós RRab csillagában azonosítható egy  $f^* = 3;63088 \text{ d}^{-1}$  frekvencia, ...” A csúcs félérték szélessége  $0,1 \text{ d}^{-1}$  értékre becsülhető. Hogyan lehet a maximumhelyét ennyi tizedes pontossággal megadni?
273. **129. old. 1. sor:** „...jól azonosíthatóak a 4.9 ábrán a harmonikusok és a fél-egész frekvenciák között.” Mikor tekintünk valamit „jól azonosíthatónak”?
274. **129. old. 8. sor:** „... amplitúdója igen jelentős mértékben csökkentve jelenik meg a CoRoT megfigyeléseiben.” Mikor tekintünk egy csökkenést „jelentős mértékűnek”?
275. **130. old. 2. sor:** „A csillag meglehetősen zsúfolt frekvenciaspektruma ellenére megpróbálkoztam ennek a csúcsnak az időbeli viselkedését megragadni ...” Mikor tekintünk valamit „meglehetősen zsúfoltnak”? Egyáltalán, miért probléma ez?
276. **130. old. 4. sor:** „Bár vannak a változásra utaló jelek, ezt nem sikerült minden kétséget kizáróan bizonyítani.” Itt milyen jelekre kell gondolni, és miért nem sikerült a vizsgálat?
277. **130. old. 9. sor:** „Ezen extra frekvenciák amplitúdója azonban túl kicsinek bizonyult a részletes időbeli analízishez.” Mekkora amplitúdóra lett volna szükség?

278. **131. old. 8. sor:** „Egyértelmű hullámszerű változást látunk az amplitúdóban (alsó rész).” Ez nem igaz. A 4.23. ábrán a 241 számú csillagnál az amplitúdó utolsó három értéke a hibahatáron belül nem változik.
279. **131. old. 14. sor:** „A változás mindenestre meggyőzően látható a 145 napos megfigyelési időszak alatt.” Mikor tekintünk egy változást „meggyőzőnek”?
280. **131. old. 22. sor:** „A frekvencia struktúrája nagyon hasonló változásokat mutat, mint a társáé, a fentebb említett 241 csillagé, habár az amplitúdó nem változik olyan drasztikusan.” Számszerűen a hasonlóság mértékét hogyan kell érteni? Mikor mondunk valamit „nagyon hasonlónak”?
281. **133. old. 2. sor:** „...az egyre pontosabb űrfotometria lehetővé tette, hogy a radiális módusoknál jóval kisebb amplitúdójú, feltehetően nemradiális módusok jelenlétét is kimutassuk ...” Mit tekintünk „jóval kisebbnek”? Minek alapján állítjuk, hogy azok nem radiális frekvenciák?
282. **134. old. 11. sor:** „Ugyanakkor a jelenleg alaposabban tesztelt egydimenziós hidrodinamikai pulzációs modellekkel nem sikerült a második radiális felhang jelenlétét megerősíteni RR Lyrae-modellekben.” Az „alaposabb tesztelés” milyen tevékenységet takar?
283. **134. old. 15. sor:** „A legnagyobb amplitúdóval jelentkező másodlagos módusok mind a  $P_X/P_1 = 0;612 - 0;632$  periódusarány-tartományba esnek, ami alapján kizárhatjuk radiális pulzációs eredetüket.” Miért?
284. **135. old. 3.26. ábra:** „... az ezekhez tartozó félegész frekvenciák amplitúdóváltozásai egy rövid időintervallumban.” A „rövid” milyen hosszú időintervallumot jelent?
285. **135. old. 9. sor:** „Érdekes, hogy a fő radiális módus is mutat változást ezen az időskálán, de jóval kisebb amplitúdóval.” A „jóval kisebb” mekkora amplitúdót jelent?
286. **135. old. 10. sor:** „Minden esetben erős amplitúdó-változásokat figyelhattunk meg, ...” Az „erős” mekkora változást jelent?
287. **135. old. 14. sor:** „... a másik három csillag esetében több, többé-kevésbé egyenlő frekvenciaközű komponensre bomlik.” Hogyan kell érteni, hogy „többé-kevésbé egyenlő”?
288. **136. old. 8. sor:** „Megjegyezzük, hogy ezenkívül a radiális módus amplitúdójában és fázisában hosszabb távú, lassabb változások is megfigyelhetők.” Milyen hosszú adatsorra és milyen mértékű változásra kell gondolnunk?
289. **136. old. 12. sor:** „A Kepler RRC csillagaiban számos kis amplitúdójú, független frekvencia található.” Szám szerint mekkora a „kis” amplitúdó?
290. **137. old. 4.28. ábra:** hogyan történt a korreláció kiszámítása és az mennyire szignifikáns?



291. **138. old. 4.29. ábra:** „A V808 Cyg csillagnál a második felhang körüli csúcsok alig láthatók ...” Én a mondott helyen egyáltalán nem látok csúcsot:
292. **138. old. 4. sor:** „A CoRoT-csillagok alaposabban vizsgált mintáján láttuk, hogy radiális felhangok környezetén kívül is szép számmal találunk extra frekvenciákat, amelyek nagy valószínűséggel szintén nemradiális módusok.” A „szép” az mekkora számot jelent? Minek az alapján gondolunk nemradiális módusra?
293. **138. old. 8. sor:** „Érdekes összefüggés, hogy a Blazskó-moduláció, a perióduskettőződés és az extra frekvenciák jelenléte között egyértelmű kapcsolat van, aminek oka azonban nem teljesen tisztázott.” Az „egyértelmű” számszerűen milyen erős kapcsolatot jelent?
294. **139. old. 15. sor:** „ACoRoT- és Kepler-idősorok segítségével alapos vizsgálatnak vettem alá a kis amplitúdójú frekvenciák időbeli viselkedését.” A „kis amplitúdó mekkora számszerű értéket jelent?
295. **139. old. 23. sor:** „Ez a változékonyság valószínűleg a radiális és nemradiális módusok közötti dinamikai kölcsönhatásra vezethető vissza,” A jelenséget leíró modellek hiányában ezt milyen alapon állítjuk?
296. **140. old. 1. sor:** „Az említett 0,61-es frekvenciáknál – amelyeket nagy valószínűséggel nemradiális módusokkal azonosíthatunk – perióduskétszerezést találtunk: a fél-egész frekvenciák jelenléte egyértelműen erre utal.” Ezt minek alapján állítjuk „egyértelműen”? A radiális modellek minden lehetőségét kimerítettük már?
297. **140. old. 10. sor:** „...0,61-es periódusarányal klasszikus cefeidákban is találtak kis amplitúdójú frekvenciákat, elsősorban a Magellán-felhőkben ...” A „kis amplitúdó” szám szerint mekkora értéket jelent?
298. **141. old. 24. sor:** „... a moduláció többszörös periodicitása is nagyon gyakori, jó egyezésben a legújabb földi (Skarka, 2014) és Kepler-mérésekkel ...” A jó egyezést számszerűen hogyan kell érteni?
299. **141. old. 26. sor:** „... ahol az extra frekvencia (valószínű nemradiális módus) 0,61 periódusarányt mutat a felhanggal, ez a kis amplitúdójú változás időben változó karakterisztikájú, ...” Milyen alapon valószínűsíthető a nemradiális módus? Az időben szabálytalan változás nem lehet esetleg valamilyen sztochasztikus perturbáció?
300. **141. old. 34. sor:** „Ez utóbbi csoportnál a periódusarány enyhe függését látjuk a felhang periódusától.” Az „enyhe függés” számszerűen milyen erős függést jelent?
301. **142. old. 4.32. ábra:** „A kis szórást mutató periódusarány-koncentráció azonos eredetet és geometriát sugall a nemradiális módura.” Ezt minek az alapján lehet állítani?
302. **142. old. 4.32. ábra:** „Itt már egyértelműen három, közel vízszintes szekvencia különíthető el a közepes periódusok tartományában” Itt pontosan melyik tartományra kell gondolni. Az ábra szerint az állítás csak a dudor (bulge) csillagokra igaz.

303. **142. old. 1. sor:** „Igaz, hogy a földi mikrolencseprogramok megfigyeléseinek pontosságától nem várható, hogy minden egyes RRc/RRd csillagnál szignifikánsan ki lehessen mutatni (vagy ki lehessen zárni) a PX (vagy egyéb extra) módusok jelenlétét, ...” Miért?
304. **142. old. 14. sor:** „egy adott csillag sokszor kettő, vagy három különböző szekvenciához tartozó, jelentősebb csúcsot is mutat a 0,61–0,64 periódusarány-tartományban.” mikor tekintünk egy csúcsot Jelentősebbnek?
305. **142. old. 16. sor:** „... ez ehhez tartozó periódusarány ráadásul csak egy szűk P1 periódustartományban fordul elő.” Szám szerint mekkora ez a „szűk” tartomány?
306. **142. old. 18. sor:** „az extra csúcsot mutató csillagok minden szempontból megfelelnek a teljes RRc-mintának.” A „minden szempont” pontosan milyen szempontokat jelent?
307. **142. old. 20. sor:** „ahol a leggyakoribb extra (valószínűleg nemradiális) módus az említett periódusarány-intervallumban jelentkezik.” Mire alapozzuk ezt a feltevést?
308. **142. old. utolsóelőtti sor:** „Itt is erőteljes változások látszottak a kis amplitúdójú frekvenciák csúcsszerkezetében évről évre szinte minden megfigyelt csillagnál, ...” Az erőteljes mekkora számszerű változást jelent?
309. **143. old. 2. sor:** „... teljes mértékben alátámasztják a hasonló, de jobb időfelbontással kapott analízisünket ...” Az állítást megalapozó egyeztetés szám szerűen hogyan történt?
310. **143. old. 7. sor:** „az M3 gömbhalmaznál detektált 38%-os arány alátámasztja az űrfotometriai adatok valamivel kisebb mintán kapott, de közel 100%-os előfordulását a 0,61 periódusarány tekintetében.” Ezt nem értem. A 38% hogyan jön össze az űrfotometriánál kapott 100% -al? Ezt meg kellene mutatni:
311. **143. old. 18. sor:** „... nem is szólva a Netzel és mtsai (2015c) munkájáról, amelyben egészen 0,22 napos periódusig szinte összefüggő eloszlást találunk, ...” Az „összefüggő” eloszlást hogyan kell érteni?
312. **143. old. 26. sor:** „Ez a magas arány szintén megerősíti az űrfotometriai adatainkból leszűrt következtetéseimet, miszerint az extra csúcsok az esetek legnagyobb részében időben változó jellemzőket mutatnak.” Itt az esetek hány százalékát jelenti a „legnagyobb rész”? a „változó jellemző” milyen fizikai paramétereket takar?
313. **144. old. 4.33: ábra:** az ábra beírásában 1O helyett O1, 2O helyett O2 értendő.
314. **144. old. 4.33. ábra:** „Netzel és mtsai (2015b) által felfedezett OGLE RRc csillagok a galaktikus dudorban, melyekben az első radiális felhang mellett olyan nemradiális módusok is gerjesztettek, ...” Honnan lehetett tudni, hogy nemradiális módusokról van szó?
315. **144. old. 2. sor:** „A másik lehetőség, hogy nemradiális módusról van szó, ez pedig megint csak azt a tézist erősítené, hogy extra (nemradiális) módusok csak a Blazskó-modulált

RRab, és a felhangban is pulzáló (RRc, RRd) csillagokban fordulnak elő, ott pedig gyakran, mint ahogy az űrfotometriai adatok ezt világosan megmutatták” A nemradiális módusokat hogyan lehet nagfelbontású spektroszkópia nélkül „világosan” megmutatni?

316. **145. 18. sor:** „A negyedik egy erős amplitúdómodulációt mutató RRc csillag, ahol valószínűleg a K2 viszonylag rövid adatsora miatt hiányoznak a további alacsony amplitúdójú módusok” A „viszonylag rövid” abszolút értelemben mennyi?
317. **146. old. 3. sor:** „... az RRLyrae csillagokban található extra csúcsok az esetek legnagyobb részében időben változó jellemzőket mutatnak.” Az esetek „kisebbik részében mit mutatnak?”
318. **147. old. 2. sor:** „A nagyjából Jupiter-tömegű, ...” A „nagyjából” mekkora tömeg intervallumot jelent?
319. **147. old. 11. sor:** „Számos vizsgálat irányult keletkezésükre (minden bizonnyal jelenlegi helyüknél jóval távolabb alakultak ki), ...” A „jóval távolabb” mekkora távolságot jelent?
320. **148. old. 1. sor:** „...a forró jupiterek felfedezése óta eltelt viszonylag rövid idő ...” A „viszonylag rövid” mihez képest rövid?
321. **148. old. 4.sor:** „Ennek ellenére jó néhány forró jupiternél találtak a tranzitidőpontokban bekövetkező szisztematikus változásokat.” A „jó néhány” az ismert esetek hány százalékát jelenti?
322. **148. old. 24. sor:** „A forró jupiterek fedésidőpontjaiban bekövetkező piciny, de szisztematikus változások elárhathatják egy kísérő jelenlétét,” A „piciny” konkrétan mekkora értéket jelent?
323. **148. old. 29. sor:** „a Kepler adatainak megjelenéséig nagyon kevés és bizonytalan megfigyelés állt csak rendelkezésre” A „nagyon kevés” szám szerint mennyi és mekkora pontosságot értek el?
324. **149. old. 4. sor:** „Ez a folyamat destabilizálja a rövid periódusú kísérők pályáit, tehát nem is várunk rövid periódusú további bolygókat.” A „rövid periódus” konkrétan mekkora periódust jelent?
325. **149. old. 7. sor:** „... a protoplanetáris diszkkal történő, kevésbé erőteljes kölcsönhatás eredményezte migráció is szerepet játszhat a forró jupiterek létrejöttében, ...” A „kevésbé erőteljes” milyen mértékű kölcsönhatást jelent?
326. **149. old. 19. sor:** „Először is kiválogattam az egyetlen bolygót tartalmazó rendszereket a Kepler bolygójelölt katalógusából” Honnan lehetett tudni, hogy a rendszer csak egy bolygót tartalmaz?
327. **149. old. 21. sor:** „Szintén elhagytam azokat, amikre a Kepler 12-nél kevesebb tranzitot észlelt, vagy túl bizonytalan volt a planéta keringési periódusa.” Konkrétan, mikor tekinthető a keringési periódus „túl bizonytalannak”?

328. **150. old. 1. sor:** „Szerencsére azonban a jel amplitúdója jól rekonstruálható ...” Mikor lehet egy amplitúdóját „jól rekonstruálhatónak” tekinteni?
329. **151. old. 8. sor:** „Néhány esetben azt találtam, hogy a megfigyelt szignifikáns frekvenciák könnyen magyarázhatók a mintavételezésből adódó effektusokkal.” Mikor tekinthető egy eljárás „könnyűnek”?
330. **151. old. 13. sor:** „Ez a mintavételezési szabályszerűség apróbb hibákat okozhat a tranzitidőpont-meghatározásban ...” Ezek az „apróbb hibák valójában mekkorák?
331. **152. old. 2. sor:** „Két eset lehetséges: az egyik, amikor  $nC$  kicsit kisebb, mint  $P$  (a különbség kisebb mint  $P=2$ , lásd az 5.2 ábrán). A másik az, amikor  $nC$  kicsit nagyobb  $P$ -nél.” A „kicsit” kisebb, illetve nagyobb valójában mekkora értéket jelent?
332. **152. old. 21. sor:** „...a fénygörbéből meghatározható csillagaktivitás (kvázi)periódusához közel eső TTV-jeleket nem tekintettem dinamikai okokra visszavezethetőnek.” A „közel” konkrétan mekkora jelet jelent. Mekkora annak az esélye, hogy mégis dinamikai jelenségről van szó?
333. **152. old. 24. sor:** „A minta majdnem minden csillaga mutatott forgásból és foltosságból eredő változást.” Konkrétan hány esetben nem találtak aktivitást, és ez a teljes minta hány százaléka volt?
334. **152. old. 26. sor:** „Ehhez a Q8–Q9 negyedek adatait használtam, amik nem tartalmazzak nagyobb üroket, és összeillesztésük is csak minimális eltolást igényelt.” A „nagyobb” ürr mekkora értéket jelent? Hogyan lehet a „minimális” eltolás mértékét meghatározni?
335. **152. old. 28. sor:** „... egy felülatéresztő szűrő alkalmazásával megszabadultam a hosszú periódusú változásoktól.” Hogyan történt a szűrő paramétereinek meghatározása? Mi minősül „hosszú periódusú” változásnak?
336. **153. old. 2. sor:** „Nyilvánvaló eltérés van a két minta fedéseken kívül mutatott változásaiban, mégpedig a TTV-jeleket mutató objektumokban erőteljesebb a csillagaktivitásból származó hozzájárulás.” Hiányolom a konkrét statisztikai elemzést. Mekkora az egyes pontok hibája?
337. **153. old. 6. sor:** „Ez a három forró jupiter a legjobb jelöltünk, mivel – több szempont mellett – ezeket érinti legkisebb mértékben központi csillaguk forgása.” Milyen értelemben, és honnan lehet ezt tudni?
338. **153. old. 9. sor:** „... a fedésen kívüli változásokból eredő csúcsok a legtöbb esetben eléggé távol esnek a gyanított periodikus (dinamikai hatás által okozott) TTV-k frekvenciájától, ezeknél nem állítható fel egyértelmű kapcsolat a TTV-jel és a csillag forgása között.” A „legtöbb eset” szám szerint mennyi, és mit jelent az „eléggé távol”? Milyen feltételek teljesülése esetén „egyértelmű” egy kapcsolat?
339. **153. old. 16. sor:** „...elég távol a stroboszkopikus jeltől ahhoz, hogy valódi jelöltnek fogadhassam el.” Mi a konkrét numerikus feltétele a valódi jel elfogadásának?

340. **154. old. 7. sor:** „Ezt a hetes listát is tovább szűkítettem, megszabadulva a túl sok frekvenciát mutató jelölttől (KOI-823), és azoktól, ahol nem lehetett teljesen biztosan elkülöníteni a csillag változásaiból és a dinamikai hatásokból eredeztethető TTV-jeleket.” Mit kell érteni „túl sok” frekvencián? Milyen kritériumok alapján lehet valamit „teljesen biztosan” elkülöníteni?
341. **157. old. 22. sor:** „A csillag tömegbecslése azonban minden bizonnyal túl alacsony értéket adott, aminek legvalószínűbb oka az, hogy a Kepler-missziót és a célpontkiválasztást a fősorozati csillagokra optimalizálták.” Minek alapján állítjuk, hogy a becsült tömeg „alacsony”? Hogyan következik ez a Kepler misszió optimalizáló stratégiájából?
342. **158. old. 15. sor:** „Megfigyelhető, hogy nagyon kevés többszörös rendszer tagja található ...” A „nagyon kevés” hány esetből hányat jelent?
343. **158. old. utolsóelőtti sor:** „... ekkor nem lehetnek túl messze a forró jupitertől ahhoz, hogy az 50 nap körüli TTV-periódusokat megmagyarázhassuk.” A „messze” itt mekkora távolságot jelent?
344. **159. old. 2. sor:** „ezek a rendszerek teljesen más architektúrájúak lennének, mint mondjuk a HAT-P-13.” A „más architektúra” valójában mit jelent?
345. **159. old. 17. sor:** „Bár a jó jelöltjeink száma csekély, sejthetjük, hogy két napos keringési idő felett a pontok jól követik a modellt, míg rövidebb periódusok esetén jóval nagyobb jelet mutatnak.” Merész állítás. Mindössze két ponton alapul.
346. **159. old. 20. sor:** „...különösen, ha a hold mérete viszonylag nagy ...” Mihez képest?
347. **159. old. 27. sor:** „Az ilyen forró jupiterek mind a csillagtól, mind a holdjuktól jelentős árapályhatást szenvednek el, ...” Mikor tekintünk egy ár-apály hatást „jelentősnek”?
348. **159. old. 29. sor:** „...a hold távolsága pedig tág határok között, igen jelentősen módosulhat, ...” A határok mikor „tágak” és változásuk mikor „jelentős”?
349. **160. old. 1. sor:** „Szerencsére a Kepler fotometria pontossága miatt a csillagok fénygörbéje rendszerint felhasználható a forgási periódus egyértelmű megállapítására.” Minden mérés, és a belőle lezármaztatott mennyiség hibával terhelt. Így semmit nem lehet „egyértelműen” megállapítani.
350. **160. old. 22. sor:** „a végső, háromra redukálódott jelöltlista viszont maximum egyetlen nembolygó-jelöltet tartalmazhat (de legvalószínűbb, hogy mindegyik dinamikai eredetű TTV-t mutató jelöltünk valódi bolygó).” A valószínűsége itt mit kell értenünk?
351. **160. old. 27. sor:** „A csillagtömegek árnyalatnyival nagyobbak a Napénál (0,93 és 1,13 $M_{\text{Nap}}$  között szóródnak), ...” Mit mondunk a 0,93 naptömegről?

352. **160. old. 32. sor:** „Megjegyezzük, hogy a legjobb jelöltjeimnél talált TTV amplitúdók jelentősen kisebbek, mint a legtöbb TTV felhasználásával megerősített és karakterizált bolygórendszerek esetében találunk” A „jelentősen kisebb” valójában mennyivel kisebbet jelent?
353. **161.old. 21. sor:** „... ők elsősorban a hosszú periódusú TTV-ket keresték.” A „hosszú periódus” milyen hosszú periódust jelent?
354. **161. old. 31. sor:** „...pontos földi mérések, ...” Mekkora pontosság a követelmény?
355. **162. old. 5.7 ábra:** „A rendszer két nagyobb bolygójára mérhető TTV-változások, melyek megerősítik a bolygók tömegét” A „megerősítést hogyan kell érteni?”
356. **163.old 10.sor:** „...keringési síkjuk normálisa gyakorlatilag egybeesik a központi csillag forgástengelyével.” A „gyakorlatilag” egybeesik mekkora szögtartományt jelent?
357. **163. old. 19. sor:** „A mérés viszonylag nagy bizonytalansága abból adódik, hogy a csillag forgásának látóiránnyal bezárt szöge ( $v \sin i$ ) csak nagy hibával ismert.” A „nagy hiba” konkrétan mekkora hibát jelent?
358. **163. old. 25. sor:** „A WASP-47 az első forró jupiter, aminek további közeli, jelentős gravitációs hatást kifejtő bolygókísérőit sikerült felfedezni.” Mikor tekinthető egy gravitációs hatás „jelentősnek”?
359. **166. old. 7. sor:** „A Kepler viszonylag kis égterületet vizsgált át, és halvány csillagok körül talált bolygókat a fedési módszerrel, azok 1-2 évnél rövidebb keringési idejű kísérőiről teljes statisztikát szolgáltatva.” Honnan lehet tudni, hogy nincsenek a Kepler mezőben olyan exobolygók, amelyeket a műszer nem talált meg?
360. **167. old. 6. sor:** „... ebből kb. 35 ezernek pontosan ismerjük a távolságát a Hipparcos műholdnak köszönhetően.” A Hipparcos hold is véges pontossággal mért:
361. **167. old. 35. sor:** „a fénygörbék átlagolásával jóval nagyobb pontosság érhető el, mint az az egyedi kisméretű távcsövektől elvárható lenne.” Amennyiben a 34 távcső adatait átlagolják, akkor az eredmény  $34^{1/2} = 5,83$ -szor lesz nagyobb pontosságú.
362. **168. old. 18. sor:** „... ahol kulcsfontosságú, hogy a detektor kiolvasási oszlopai mentén szétfolyó fluxus ellenére pontos fényességmérést tudjunk végezni, ...” Ez konkrétan mekkora pontosságot jelent?